

UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DES LETTRES

La Découverte de l'Inertie

ESSAI SUR LES LOIS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT
DE PLATON A GALILÉE

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT ÈS-LETTRES

présentée par

M. DESHAYES



Imprimeries

Les Presses Modernes

45, Rue de Maubeuge, 45

== **PARIS** ==

1930

UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DES LETTRES

La Découverte de l'Inertie

ESSAI SUR LES LOIS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT
DE PLATON A GALILÉE

THÈSE

POUR LE
DOCTORAT ÈS-LETTRES
présentée par

M. DESHAYES



Imprimeries
Les Presses Modernes

45, Rue de Maubeuge, 45

== **PARIS** ==

1930



A MONSIEUR ABEL REY

Respectueux hommage.

AVANT-PROPOS

La présente étude diffère des travaux, déjà très nombreux, parus sur la question, et auxquels nous devons beaucoup par les deux particularités suivantes :

D'abord, bien que les idées scientifiques soient intemporelles, leur découverte a pu être facilitée par les circonstances. Elle a des racines profondes dans les mœurs, les institutions, les croyances, le genre de vie. Un peuple de montagnards n'a pas les mêmes idées qu'un peuple de marins; les pensées sont autres dans le Far-West qu'au sein d'une cité populeuse et cultivée. Nous avons cru devoir tenir compte de ces contingences; aussi, nous avons été amenés à donner à notre développement un caractère plus concret qu'on ne fait d'habitude. Suivant ce mot célèbre, nous avons mis sous les pieds de l'homme « une bonne et forte base : la terre ».

En outre, au début de notre récit, nous ne présupposons pas le concept dont nous retraçons la genèse, celui d'Inertie. Cette idée, aujourd'hui, est familière à nos intelligences; mais l'adhésion que nous lui donnons est plus livresque que nous le croyons nous-mêmes : elle vient en grande partie du prestige attaché à la science; nous ne voulons pas dire, par cela, qu'elle soit déraisonnable, au contraire; mais en retraçant son origine nous avons souligné tout ce qu'elle présente de paradoxal, et nous avons, de ce fait même, expliqué les répugnances qu'elle a rencontrées pendant des siècles; nous verrons l'immense circuit que la pensée a dû accomplir pour y adhérer. La découverte de l'inertie n'est pas une découverte comme les autres; c'est pour ainsi dire une « initiation », initiation devant laquelle l'intelligence d'abord s'effare et se mutine et nous verrons quels prestiges ont eu raison de son effarement. Notre étude sera plus historique que scientifique, plus psychologique que historique.

Notre ambition est moins d'épuiser la question que de tracer la voie à ceux qui voudraient en faire une étude exhaustive qui dépasserait le cadre de notre développement. Nous désirons seulement que les quelques matériaux que nous avons amassés et classés puissent leur être utiles.

Niort, le 17 Décembre 1929.

CHAPITRE I

L'ANTIQUITÉ

Plan de l'essai

La flèche, à partir du moment où elle s'est échappée de la corde, continue pendant quelque temps son mouvement. Pourquoi? Nous allons examiner comment la philosophie antique a résolu le problème, puis comment l'a résolu le Moyen-Age, puis quelle solution lui a donné la pensée moderne. Sans doute, notre division peut apparaître, au premier abord, un peu simpliste; elle est vraie cependant, à condition de ne pas mettre entre les époques des coupures absolument nettes : Notamment en ce qui concerne le Moyen-Age un peu du courant antique persiste, de plus en plus atténuée d'ailleurs, au travers du courant nouveau qui est déjà en germe mais très vaguement dans la philosophie antique chez quelques originaux. La coupure est plus franche avec les temps modernes ; nous dirons pourquoi.

La science antique : Platon

A. — Le réel est statique

Une première idée de la physique antique¹ c'est le caractère *statique* du Réel. Le Mot même qui signifie exister (exister) désigne primitivement une tendance, un effort à s'arrêter, s'immobiliser, (sistere de stare). Tous les penseurs de l'antiquité sont d'accord sur ce point que l'immobilité est une estampille de réalité absolue. Pour les Eléates, l'Etre est

(1) Ouvrages généraux consultés : Robin : La Pensée grecque. — Duhem : Le système du Monde, Tome I. — Rosenberger : Die Geschichte der Physik, Band I. — Bréhier : Histoire de la philosophie. Tome I, fascicule I. — Meyerson : Identité et réalité.

immobile. Sans doute pour Héraclite, toutes les choses coulent, mais dans la mesure où elles coulent, elles sont moins réelles; et c'est dans le sens de l'idéalisme, du scepticisme ou du nihilisme qu'inclinent les disciples d'Héraclite, Protagoras par exemple. Remarquons que, dans l'absolu, cette conclusion n'était pas nécessaire : Pourquoi, à priori, le changement serait-il un signe d'appauvrissement du réel, de « non-être » ? Pourquoi cette variété ne serait-elle pas, au contraire, un signe de richesse et de plénitude ? En tout cas, la pensée grecque le nie.

B. — Le mouvement est transitif

Une deuxième idée c'est le caractère *transitif* du mouvement. Le mouvement suppose un « moteur » et un objet « mu » et le passage de l'action du moteur agent sur l'objet mu-patient². Pour aiguiller l'esprit vers cette conception du mouvement, une simple raison grammaticale suffisait : le verbe qui signifie « s'arrêter » est un verbe intransitif, tandis que le verbe qui signifie mouvoir est transitif; ainsi, en vertu d'une exigence de langage, l'immobilité se pose comme un absolu, une chose qui existe en soi et par soi. Le mouvement au contraire, implique le passage d'un « agent » à un « patient », l'influence d'un moteur sur un mobile; sans doute, cette exigence grammaticale recouvre une exigence de la pensée, du moins de la pensée antique; mais il est clair qu'ici le langage a réagi sur la pensée, captive de son expression et fixée désormais par elle.

C. — Il implique une dénivellation

Une troisième idée qui précise la seconde et continue la première, c'est que le mouvement suppose toujours deux plans différents, une inégalité de niveau, une dénivellation³

(2) « Car une chose mue sans un moteur, ou un moteur sans une chose mue, c'est difficile, disons mieux, c'est impossible à admettre ». (Platon *Timée* 58, éd. Didot, p. 213).

(3) Cette dénivellation se renouvelle d'ailleurs d'elle-même continuellement pour des raisons indiquées plus loin. Cf. *Timée* 58... « et ainsi la renaissance (γενεσις) de la dénivellation (ανωμαλοτητα) entretenu sans cesse par ces causes fait que le mouvement existe et existera toujours. »

(anomalôtés). Bien entendu, ce mot « dénivellation » doit être entendu dans un sens large. Il y a une différence de niveau, par exemple, entre un corps chaud et un corps froid, entre l'agent vivant et le patient inerte. Pour qu'il y ait dénivellation, il suffit qu'il y ait inégalité de quelque nature que ce soit, mais cela est nécessaire, car lorsque l'équilibre se rétablit et que la dénivellation cesse, le mouvement s'arrête immédiatement et tout rentre dans l'ordre, c'est-à-dire dans l'immobilité essentielle⁴. Il n'y a pas de mouvement sans rupture d'équilibre et le mouvement dure tant que dure cette rupture d'équilibre.

Telles sont les prémisses de la physique antique. S'insurgera-t-on contre ces prémisses et s'étonnera-t-on que les Grecs les aient admises? Mais, même aujourd'hui, où la science a si violemment disloqué les schèmes originels de la pensée, qui ne les accorde obscurément? Et cette idée d'une réalité, par elle-même éternellement mouvante, qui ne la refuse inconsciemment?

La « rhopé »

Insistons un peu : les affirmations que nous venons d'énoncer pourraient se formuler en ces termes : *La science antique ne connaît pas de moyen terme entre le « statique » et le « dynamique »*.

Il n'y a pour elle de mouvement que lorsque s'actualise un potentiel d'équilibre. Ce potentiel n'existant plus, tout mouvement cesse. Il y a un mot dans la langue grecque, qui désigne ce potentiel d'équilibre, c'est le mot « rhopé »⁵. La « rhopé » c'est la tendance des deux plateaux de la balance à se mettre de niveau quand on les a dérangés de cette position. A côté de ce mot « rhopé », il y a aussi « hormé » qui

(4) « Il n'y a pas de mouvement en l'absence de ces choses-là (moteur et choses mues). — Or il est impossible que ces choses soient en équilibre ; aussi posons que l'arrêt (στασις) est toujours dans le nivellement et attribuons toujours le mouvement à un dénivèlement (ἀνωμαλοτητι) : d'autre part la cause du dénivèlement c'est l'inégalité, et nous avons expliqué l'origine de l'inégalité ». (Platon, *Timée* 58 Didot p. 224.)

(5) Le mot grec ῥοπή est l'équivalent du latin *momentum* (= *movituentum*, chose propre à déclancher le mouvement.

désigne l'élan et « rhumé » qui désigne l'entraînement ; mais l'emploi de ces derniers mots est beaucoup plus rare. L'intelligence des Grecs a toujours conçu le mouvement comme une actualisation de potentiel. Considérons le rythme de la phrase grecque et latine : L'orateur énonce d'abord les sujets, les objets, les buts, les obstacles, les moyens, bref, accumule les potentiels ; puis un brusque déclenchement libère et actualise ces potentiels, grâce à un mot qui exprime le changement accompli : le verbe⁶. Cela revient à dire que la pensée antique n'envisageait pas d'intermédiaire entre le statique pur et le dynamique intégral, et que tout dynamisme a pour but et pour résultat un effet statique : tout changement suppose une dénivellation lentement instaurée et qui, brusquement, se défait.

Le " processus de tassement " et ses oscillations

Mais comment alors expliquer la prolongation d'un mouvement ? La philosophie antique s'est d'abord posé la question d'une manière générale et sans envisager précisément le problème de la flèche qui vole. Pourquoi les mouvements en général, ceux de la mer, des fleuves, des astres, etc... se prolongent-ils alors qu'ils *devraient* s'arrêter ? Parce que le retour au niveau après la dénivellation originelle, se fait par à-coups, à la manière du jeu de bascule des partis politiques⁷ ; la nature, pour corriger un dénivellement, en engendre d'autres, et ainsi de suite jusqu'à ce que le tassement soit parfait ; la prolongation du mouvement, ce sont les tatonnements et les corrections successives de la nature en quête de l'équilibre, ce sont les étapes de ce « processus de tassement »⁸. Cette idée platonicienne a fortement impressionné les philosophes

(6) Exemple de la phrase dynamique : Ὑστέρω δὲ χρόνῳ, σεισμῶν ἐξαισιῶν καὶ κατακλυσμῶν γενομένων, μιᾶς ἡμέρας καὶ νυκτὸς χαλεπῆς ἐλθούσης, ἡ Ἀτλαντὶς νῆσος κατὰ τῆς θαλάσσης δῦσα, ἠφανίσθη. (Platon Timée. — Cd. Didot. p. 202). Ici χαλεπῆς = gravis.

(7) A notre avis une interprétation sociologique de Timée serait partiellement possible.

(8) "ἡ τῆς πίλεως ἐξοδος" — Platon Timée ibid.

qui ont suivi et profondément influencé la doctrine d'Aristote, qui, tout en croyant contredire Platon, arrive à dire à peu près la même chose. On pourrait formuler cette tendance générale de la physique antique en disant : « *toute prolongation d'un mouvement de la matière inerte est dûe à une série d'actions et de réactions réciproques et de rebondissements successifs* ».

Aristote

Nous allons voir ce qu'Aristote⁹ ajoute à la conception platonicienne.

Définition de " l'action "

La science moderne admet que tout changement de *vitesse* dans un mobile, nécessite l'action d'une énergie; elle répugne d'autre part, à admettre que cette énergie puisse s'exercer à distance, soit dans l'espace soit dans la durée. Son action doit résulter d'un contact immédiat ou d'une immanence actuelle, et elle doit être renouvelée à chacun des instants de la durée que ce changement occupe. Remplaçons le terme « vitesse » par le mot « position », et nous aurons toute la doctrine aristotélécienne du mouvement local. Cette doctrine est donc à l'opposite de la science moderne, mais c'est le cas de dire que les extrêmes se touchent : ni l'une ni l'autre n'admet la persistance de l'*action*; seulement chez Aristote, l'action c'est la vitesse, tandis que chez les modernes, l'action c'est l'accélération de la vitesse.

Raisons profondes : 1. Le finalisme aristotélécien

Etudions les raisons profondes pour lesquelles Aristote est amené à différer de la science moderne, car les points par lesquels il s'en rapproche sont affaire de simple logique, ainsi

(9) Ouvrages consultés, (outre les précédents) : Hamelin : Le système d'Aristote. — Gomperz : Les penseurs de la Grèce, vol. III. — Monsion : Introduction à la physique aristotélécienne, (publié à Louvain).

que nous le verrons. Il en diffère, d'abord, par la conception qu'il se fait de l'énergie; cette conception est animiste, vitaliste et finaliste¹⁰; conception que la science moderne ne condamne pas, car, pour la condamner, il faudrait la juger : Or, la science positive ne la juge pas; elle constate simplement l'existence d'une constante, l'énergie n'est pour elle qu'une intégrale. Aristote met le type de l'énergie dans les mouvements que nous accomplissons volontairement pour réaliser une fin par exemple pour nous rendre au Parthénon, ou pour fabriquer du vin ou pour acquérir la science. Cette différence ne nous arrêtera pas longtemps. D'un côté, la science moderne, précisément parce qu'elle se *désintéresse* de la nature profonde de l'énergie, n'exclut aucune conception finaliste, pourvu qu'elle soit sur un arrière plan; d'un autre côté, le finalisme, et Aristote s'est idéalisé et subtilisé au point de n'être plus, ou à peu près, que la constatation des faits. Par exemple : Dieu remplit sa fin en étant Pensée de la Pensée; mais c'est seulement, au fond, la définition de son essence. Les sphères supérieures, grâce à l'énergie contenue dans le moteur immobile éternel, décrivent un mouvement circulaire uniforme et continu, parce que ce mouvement réalise une perfection, c'est-à-dire sa destinée; la pierre tombe, parce qu'en bas, dans le lieu des pierres, elle parachève, en quelque sorte sa nature et trouve, comme dirait un savant moderne, sa position d'équilibre. Un tel finalisme n'est d'aucun secours pour la science; mais il n'est pas gênant pour la science : Là où Aristote dirait « intention », nous disons simplement tension; mais, en fin de compte d'analyses en analyses, nous sommes bien obligés nous-mêmes de dire que certaines choses sont ainsi parce qu'il est de leur nature d'être ainsi.

2. Le monde est fini

Beaucoup plus grave est l'idée qu'Aristote se fait du monde, de sa structure et de ses limites. On sait qu'Aristote se repré-

(10) Φυσική ἀκροασις. II, 8. Περὶ τοῦ Οὐρανοῦ III, ε, etc. — Cf. Rivaud, le problème de devenir et la notion de matière dans la philosophie grecque p. 402, — Robin, la Pensée grecque, p. 341 tsq.

sente l'univers comme *fini* et comme *plein*¹¹. Et quelle raison donne-t-il pour affirmer l'existence de ces deux caractères? L'existence du mouvement. Traduisons en termes modernes sa pensée : l'infini n'a pas de limite, il n'a ni haut ni bas, ni gauche ni droite, et par conséquent, aucun mouvement dans l'infini ne saurait être « référé » et par conséquent affirmé ; de même le vide n'a pas de contenu ; par conséquent tout y ressemble à tout ; aucune spécification de lieu n'y est possible ; dans le vide et dans l'infini, comment peut-on dire qu'un mobile est ou n'est pas en mouvement, puisque chacune de ses positions relatives n'est pas référible, l'espace n'étant plus différencié? En termes plus familiers, comment saurions-nous que nous avançons, si nous n'avions pas de but? Dans l'infini, impossibilité quantitative d'une référence ; dans le vide impossibilité qualitative. Et Aristote ramasse tout cet enchaînement d'idées dans une formule d'une concision énergique en disant que « transférence suppose différence¹². Nous expliciterons cette phrase en disant « transférence suppose référence, référence implique différence ». Ici, Aristote se montre fidèle disciple de Platon qui, lui non plus, ne conçoit pas le mouvement local dans une différenciation¹². Et il s'oppose au contraire violemment à la science moderne ; une formule résumera cette opposition : *Aristote croit qu'affirmer la relativité du mouvement c'est en nier implicitement la réalité. La science moderne ne le croit pas*. Mais dès lors que la science antique a prononcé le verdict, le sort en est jeté : La loi d'inertie lui est fermée à jamais. Mais pouvait-elle ne pas le prononcer? La science moderne ne répugne pas à l'existence des mouvements qui, tout en étant réels, ne sont référables à rien ; elle le croit parce que les faits sont informulables sans cette hypothèse. Cela n'en constitue pas moins un paradoxe inouï.

(11) Aristote, *Φυσικὴ ἀκροασις* IV, 8, éd. Didot p. 294.

(12) Aristote, *ibid.* ἡ δὲ φύσει πορὰ διαφορῶς éd. Didot p. 294.

Les trois sortes de mouvement local

Tout mouvement, dit Aristote, est produit par l'action immédiate, continue et sans cesse renouvelée, d'une force dont le type nous est fourni par notre volonté. Or, considérons les mouvements que l'expérience nous fournit. Nous pourrions distinguer trois groupes d'êtres en mouvement¹³ :

1° Les êtres mûs contrairement à la nature, par exemple une pierre qu'on jette en l'air, un acrobate qui marche sur les mains, etc....

2° Les êtres mûs par nature et en même temps par soi : ce sont les êtres animés.

3° Les êtres mûs par nature sans être mûs par soi : par exemple la pierre qui tombe, l'outre qui, mise au fond de l'eau, remonte à la surface, etc....

Les mouvements violents

Pour la première catégorie, aucune difficulté; il est clair qu'une énergie est requise pour expliquer le mouvement de ces êtres; cela n'explique pas tout, comme nous allons le montrer tout à l'heure : sur la façon d'agir de cette énergie et sur la raison qui fait persister le mouvement il importera d'insister ; mais cette énergie, il faut d'abord la supposer¹⁴.

Les mouvements naturels

Passons aux deux autres catégories, celle des mouvements qui se font suivant la nature. Peut-être importerait-il d'approfondir le concept de nature dans Aristote. Est contre nature, artificiel ou violent tout ce qui s'accomplit autrement que par aspiration intérieure de mouvement ou de changement (*hormé kineseôs kai metabolès*). Au contraire, est natu-

(13) Aristote *Φυσική ἀκροασις* Ch. VIII, 4 et passées. — Cf. l'excellente analyse d'Hamelin dans le "Système d'Aristote". — Cf. également Aristote *Μετεώρες* IV 1. *De Generatione Animalium* II, 4.

(14) Cf. Hamelin op. cit. p. 333.

rel tout mouvement que l'objet accomplit d'une force intérieure et comme d'une définition de son essence. Tout changement qui est naturel requiert, sans doute, un principe, mais un principe qu'on peut se borner à énoncer et à définir, tandis que ce qui est violent requiert une analyse (*logos*). Tout changement naturel d'un objet n'est que la réalisation de sa Forme et le prélude de la Possession de sa fin (*Entelekheia*).

Donc, pour Aristote, il y a deux sortes de mouvements : un mouvement naturel et un mouvement violent. Le mouvement naturel est le mouvement par lequel les corps tendent à rejoindre leur lieu familier (*Oikeios topos*) ; ils complètent et parachèvent ainsi leur nature ; ils prennent possession de leur fin ; c'est ce qu'exprime le mot grec « *entelekheia* » ; tel est le mouvement de la pierre qui tombe, c'est-à-dire qui va vers le bas, lieu spécifique des pierres, du feu qui monte vers le haut, lieu spécifique du feu, de l'outre gonflée qui, du fond de la rivière remonte à la surface, habitât familier des outres gonflées. C'est pourquoi Aristote définit le mouvement : *le passage du mobile en tant que mobile de la puissance à l'acte*¹⁵. Ayant atteint son habitât naturel ou comme dit Gomperz, « sa patrie »¹⁶, le corps y demeure ; de même la science moderne nous montre les mouvements comme résultant à leur origine d'une tendance à retourner à la position d'équilibre dont une cause étrangère les a écartés.

La persistance du mouvement violent

Il n'en reste pas moins une difficulté ; la persistance de l'impulsion commencée dans les mouvements du premier groupe et du troisième groupe. Car, en définitive, pour la physique hellénique, le mouvement ne peut s'expliquer que de deux manières : 1° par le retour à la position d'équilibre

(15) Aristote *Φυσικη ἀκροασις* III, 2 : « διο ἡ κίνησις ἐντελεχεια τοῦ κινήτου ἢ κινήτου ». Cf. Hamelin, op. cit. p. 304.

(16) Gomperz, op. citat. p. 71.

(rhopé); 2° par l'action d'un moteur animé. C'est par un retour à la position d'équilibre ou, pour employer le langage d'Aristote, vers « son lieu familier » que la pierre tombe vers le sol, que la fumée et la flamme s'élèvent vers le ciel, que l'outre gonflée remonte du fond de l'eau à la surface. C'est par l'action d'un moteur animé que les plantes croissent, que les animaux rampent, courent, volent, que les astres circulent dans le ciel. De plus, la physique grecque admet que le mouvement ne dure que tant que la cause du mouvement est appliquée au mobile : *Il n'y a pas d'action à distance soit dans l'espace soit dans le temps*¹⁷.

L'énigme des projectiles

Dans ce cas, le mouvement des projectiles est bien difficile à expliquer : Que leur vitesse initiale soit due à l'une ou à l'autre des deux causes que nous venons d'examiner, on ne s'explique pas pourquoi ce mouvement dure alors que la force n'est plus directement appliquée au mobile; le mouvement de la pierre qui tombe, de la flamme qui monte, dure, parce que le potentiel (rhopé) dure tant qu'ils n'ont pas atteint leur lieu familier. Les cieux se meuvent continuellement parce que l'attrait du moteur immobile est éternel. Mais il n'en est pas de même ici. Analysons le mouvement de la flèche : ce mouvement, au début, est produit par l'entraînement de la corde tendue et le mouvement de la corde provient de son écart que la nature cherche à détruire : jusqu'ici, nulle difficulté; mais quand la flèche a quitté la corde, aucune de ces raisons ne subsiste plus, et la flèche

(17) Aristote Φ α IV, ch. 9. — La traduction Barthélemy-Saint-Hilaire est assez peu exaste; nous proposons celle-ci qui est plus près du texte : « en outre les projectiles sont mus alors que l'agent qui les a projetés ne les touche plus, soit en vertu de la réaction environnante, comme disent quelques-uns, ou bien parce que l'air poussé active le mouvement de transfert de l'objet poussé. Or, dans le vide, rien de tout cela ne saurait se produire et il ne saurait y avoir de transfert si ce n'est au moyen d'un véhicule ». Ed. Didot, p. 295.

devenant « automobile » semble usurper le privilège des êtres vivants, des astres et des dieux¹⁸.

L' " antiperistasis "

Aussi, ce problème des projectiles s'est-il dressé devant l'intelligence des anciens comme une énigme et une sorte de défi au bon sens; et ils ont redoublé d'ingéniosité pour l'expliquer. A l'époque d'Aristote, la doctrine universellement admise était celle de la réaction ambiante¹⁹. C'est le milieu fluide que la flèche traverse qui est la cause de son mouvement, soit qu'ébranlé par le moteur initial, il communique à la flèche une sorte d'aimantation, soit que poussé par la flèche, il revienne derrière elle, en une sorte de tourbillon qui la pousse à son tour. En d'autres termes, le moteur initial délègue à l'air ou à l'eau sa puissance motrice, et celui-ci (ou celle-là) devient le *véhicule*²⁰ du mobile.

Attitude d'Aristote

Que l'air ou l'eau, ou, d'une façon plus générale, le fluide traversé, soit le véhicule ou le propulseur du projectile, Aristote n'en doute pas un seul instant; mais cette explication ne le satisfait qu'à moitié²¹. L'air aimante le projectile ou le pousse en tourbillonnant. Les deux explications sont plausibles et il n'est peut-être pas nécessaire de choisir entre les deux : d'ailleurs elles ne s'excluent pas. Mais cela n'explique pas tout ; car cet entraînement de l'air (quel qu'il soit) *dure* puisque le mouvement se prolonge dans la durée; ces explications ne seraient bonnes que si la trajectoire du projectile était, sinon instantanée, du moins extrêmement rapide; et alors l'entraînement de l'air expliquerait la forme, la direc-

(18) Aristote d'ailleurs insiste avec force sur le caractère exclusivement passif de la matière inanimée (Φ α II, 1 οὐ του κινειν... ἀλλὰ του πασχειν) id. περι Οὐρανοῦ ch. 2, § 2.

(19) Aristote Φ ἀκροασίς IV, 8,

(20) Aristote Φ ἀκροασίς VIII, 10 éd. Didot p. 365. — Cf. Duhem op. cit. p. 371.

(21) Aristote ibid. ... ἀδυνατον, τοῦ πρῶτου μὴ ἀποτομον μὴδὲ κινουντος, κινεισθαι, ἀλλ' ἅμα παντα καὶ κινεισθαι, καὶ πεπανσθαι ὅταν τὸ πρῶτον κινούν παυσεται.

tion et la longueur du parcours; mais la *durée* de ce parcours n'est pas expliquée; quelle que soit la façon de concevoir l'action de l'air sur le projectile, on ne sait pas comment cette action de l'air sur le projectile durerait plus longtemps que l'action du moteur initial sur l'air, c'est-à-dire pendant l'éclair d'un instant. La machine balistique s'arrêtant, l'air doit s'arrêter, l'air s'arrêtant, le mobile doit retomber et la difficulté n'a été que déplacée.

Le mouvement des projectiles est discontinu

Telle est la difficulté. Elle aurait dû amener Aristote à rejeter la théorie de la réaction ambiante ou tourbillonnaire. En réalité, il crut la résoudre en la fragmentant. Voici, croyons-nous, comment il faut comprendre sa pensée : pour qu'il y ait mouvement, il faut que la cause motrice soit appliquée au mobile, cela ne fait pas l'ombre d'un doute pour la philosophie antique; mais « appliquée » signifie séparée par un intervalle aussi petit qu'on voudra; cette puissance motrice aura donc sa pleine efficacité au moment où la machine balistique se détend, mais aussi à l'instant qui suit immédiatement cette détente : le coup part; immédiatement l'air est ébranlé; à l'instant suivant, il n'est plus mû; mais il communique un ébranlement à la couche d'air attenante; puis, celle-ci à une autre et ainsi de suite, toujours d'après le même principe²²; le mouvement qui n'est « continu que par apparence », se fait par ébranlements successifs, s'engendrant l'un l'autre, et ce sont ces secousses successives instantanées qui, reliées entre elles par nos sens donnent au mouvement sa persistance qui paraît continue, mais qui ne l'est pas²³. Telle est la laborieuse explication d'Aristote.

(22) Ibid. ουχ ἅμα παυεται κινουν και κινουμενον, ἀλλὰ κινουμενον μὲν ἅμα ὅταν ὁ κινων παυσῃται κινων, κινουν ὅτε ἐτι ἐστι δια και κινεῖται τι αλλου ἔχονμενον και ἐπι τούτου ὁ αὐτος λογος (Il - l'air - ne cesse pas en même temps de mouvoir et d'être mû : mû, il cesse de l'être quand le moteur cesse de le mouvoir; mais il est moins mouvant, aussi meut-il (la masse) adhérente; et pour celle-ci, même raisonnement. » Ed. Didot p. 365.

(23) Ibid ... οὐ συνεχης, ἀλλὰ φαίνεται. — C'est une conception cinématographique du mouvement.

**Justification de l'attitude
d'Aristote**

On serait tenté peut-être de résoudre plus simplement la difficulté en disant : « Pourquoi est-il nécessaire d'admettre la nécessité de ce « véhicule » du mobile ? Pourquoi ne pas dire tout bonnement qu'en ce qui concerne le projectile, le moteur imprime au mobile une force motrice qui persiste après sa séparation du moteur, en un mot « un élan ». Cette idée de l'« élan imprimé » nous la retrouvons très souvent ; le sens commun, confusément admet cet élan moteur ; les épicuriens et les stoïciens semblent l'avoir admis ; l'invention de l'artillerie avec le 12 et 13^e siècle lui a donné un regain d'actualité. Buridan, Léonard de Vinci, Galilée l'admettaient, et ce serait peut-être là l'origine du principe d'inertie. Cependant, ne jugeons pas à la légère et ne prononçons pas une condamnation sans jugement.

**A. — Impossibilité
de l'action à distance**

Pour Aristote, l'action suppose l'application continuelle et le contact immédiat de l'agent sur l'agi ; dès que l'agent s'éloigne, l'action cesse. On pourrait, au premier abord, s'en étonner. Mais, au fond, la science moderne n'a-t-elle pas repris pour son compte cette affirmation, à cette différence près qu'au lieu de définir l'action par le *changement de position* elle le définit par le *changement de vitesse* ? Quand Newton émit l'hypothèse de l'attraction universelle, Leibnitz lui reprocha d'admettre l'existence d'actions à distance, regardant comme une absurdité de dire qu'un corps agit « là où il n'est pas »²⁴. Newton d'ailleurs n'en disconvient nullement, et il se borne à riposter qu'il est loisible de supposer une matière subtile à travers laquelle les attractions s'exercent²⁵. Plus tard,

(24) Leibnitz, Œuvres, édit. Janet, p. 695.

(25) Ibid. p. 698.

dès que les physiciens se mirent à approfondir les actions attractives et répulsives des corps électrisés et des aimants, c'est immédiatement le concept d'un « champ » magnéto-électrique qui s'offrit à leur esprit. N'est-ce pas avouer qu'on ne peut se représenter l'agent autrement qu'atteignant et débordant l'agi, quitte à considérer comme artificielles les limites que nous fixons d'ordinaire aux corps ? Pour Faraday²⁶, les tourbillons qu'émettent les atomes s'étendent de proche en proche à l'infini. Loin de blâmer Aristote pour cette affirmation sus-énoncée, ne faudrait-il pas plutôt le féliciter d'un intuition profonde qui devance l'avenir de 30 siècles ?

B. — Impossibilité de l'infini

Les êtres sublunaires semblent hésiter entre le mouvement et le repos et tendent finalement au repos; voilà l'expérience. Essayons de donner à ce fait une interprétation qui ne soit pas « boiteuse ». D'elles-mêmes, livrées à elles seules, quand s'arrêteraient les choses lancées ? C'est là l'instant critique de la pensée, et comme dirait Sophocle « le tranchant du destin²⁷ ». Il aurait fallu répondre « jamais ». La philosophie antique n'a pas eu cette audace; elle ne l'a pas eue, parce qu'elle n'admet pas l'infini, et elle n'admet pas l'infini parce que l'infini entraîne la relativité du mouvement et, par suite, croyait-on, sa négation essentielle. La science antique n'a pas eu cette audace de *nier le mouvement afin de l'expliquer*. Dès lors, le sort en était jeté. A la question que nous venons de poser, ne pouvant répondre « jamais », elle devait être amenée à répondre « tout de suite »; les choses lancées s'arrêteraient d'elles-mêmes à chaque instant de la durée, si des causes énigmatiques d'ailleurs ne contrariaient leur naturelle inertie et leur essentielle torpeur. (Nous prenons ici le mot « inertie » dans le sens du latin « inertia », synonyme de « tarditas », qu'on retrouve encore chez Képler). Répondre, comme on l'a fait plus tard : « au bout d'un certain temps »,

(26) Voir Bergson : Matière et mémoire, p. 223.

(27) Sophocle Antigone v. 989 (ἐπι ξυροῦ τύχης).

ou « petit à petit », c'est ce que la philosophie antique, avide d'absolu, n'a jamais admis, et avec raison.

Nous pouvons envisager la question sous un autre biais : la boule lancée, à la longue, s'arrête; c'est un fait. Mais comment n'a-t-on pas eu l'idée de dire que cet arrêt est produit, non par une cause intérieure, mais par la résistance de l'air et du sol? Énoncer cela, c'eût été, au fond, énoncer la loi d'inertie. Mais nous remarquons d'abord que cette idée n'a jamais été énoncée avant le 17^e siècle; même ceux qui, au Moyen-Age et à la Renaissance, admettront l'idée d'une « force imprimée » ou « incorporée » au mobile, idée où l'on a vu, faussement d'ailleurs, la source de l'idée d'inertie, même ceux-là admettent que cette force cesse ou se corrompt par des causes intrinsèques, qu'elle languit, et qu'elle meurt. Ne nous pressons pas d'incriminer le manque de sagacité des vieux physiciens. Dire ils n'y ont pas songé, cela est vite dit! Au fond, cette idée de la résistance du milieu qui retarde, puis annihile le mouvement du projectile nous fait tourner dans un cercle vicieux; supprimons toutes nos idées scientifiques apprises dans les livres; faisons table rase de notre savoir et réfléchissons : si le milieu arrête ainsi les corps lancés, c'est donc que ce milieu lui-même qui résiste au mouvement, a une tendance à l'immobilité, au repos : quel que soit le côté où nous nous tournions nous devons supposer *quelque part* cette tendance au repos. Alors pourquoi ne pas l'admettre tout bonnement dans le projectile lui-même? Tel est le raisonnement implicite que s'est fait la physique d'autrefois. Et c'est par là que la pensée dans la genèse de l'idée d'inertie s'est trouvée bloquée pendant plus de 20 siècles.

L'inertie

est une tendance au repos

Insistons, car c'est là le point capital. Supposons qu'Aristote (ou un autre) ait essayé de se persuader que la persistance du mouvement est une tendance générale de la Nature; mais il suffit de jeter un regard autour de soi pour se convain-

cre que cette conviction est dénuée de fondements; il est manifeste que la terre, les rochers, les arbres, bref tout notre habitat familial, est immobile et que si un potentiel d'équilibre (rhopé) ou une force vivante quelconque parvient à ébranler cette immobilité, petit à petit, l'ébranlement diminue, puis disparaît, et tout rentre dans l'ordre de l'éternel repos. Du moment qu'on pose comme réel le mouvement des étoiles ou du soleil, on pose comme réelle l'immobilité du monde sublunaire : et le spectacle des mouvements, qui, d'aventure, s'y produisent, comme les tremblements de terre, les raz de marée, la chute des corps, etc., ne peut que confirmer cette croyance à la tendance au repos; car on n'a même plus la ressource d'objecter : « Si ces choses sublunaires ne se meuvent pas c'est parce qu'elles n'ont jamais reçu d'impulsion » ; l'expérience montre, au contraire, qu'elles en reçoivent sans cesse et pourtant elles finissent pas s'immobiliser. Le repos est donc bien une tendance naturelle des choses de ce monde. La difficulté pourrait se formuler ainsi : *il y a des corps inertes, mais ces corps tendent à s'immobiliser; il y a des corps qui se meuvent continuellement (les astres), mais il répugne de les déclarer inertes.*

Issue possible de la pensée :

le mouvement de la terre

Y avait-il un moyen de sortir de cette impasse et de débloquer le dilemme? Notons tout d'abord que si un moyen existait, ce ne pouvait être qu'un moyen violent. Ce monde sublunaire que nous croyons immobile, qui est pour nous comme le prototype de l'immobilité, n'est peut-être pas immobile, il est peut être lui-même *aussi bien que les corps célestes, un projectile lancé dans l'espace.* Tel est le coup de théâtre qui briserait le cercle.

Ce coup de théâtre pouvait-il se produire?

Le géocentrisme primitif

Pour les anciens Grecs, pour Homère, Platon, Aristote,

la terre est immobile au centre du monde. Ce n'est pas là une attitude particulière de la pensée grecque. C'est une croyance commune à l'humanité : l'Indien peau-rouge dans sa savane, le Polynésien dans son île croient également à l'immobilité de la terre. Il y a, pour étayer cette conviction, d'abord le sentiment immédiat; ensuite l'absence de raisons pouvant engager à révoquer en doute, cette première impression; enfin le prestige des croyances religieuses dont l'anthropomorphisme inévitable s'accommode fort bien avec le géocentrisme instinctif; une sorte de « tabou » enveloppe et protège cette croyance. Et chez les Grecs, elle se double, par surcroît, d'une sorte d'amour-propre national, car si la Terre est au centre du monde, la Grèce est au milieu de la surface de la Terre. Quand le stoïcien Cléanthe reproche à Aristarque le Samos de déplacer « le foyer du monde »²⁸, on aurait tort de voir dans ce mot « foyer » une vague figure de style : c'est la flamme qui brûle à Delphes sur l'autel de la Pythie « foyer brûlant au centre du nombril de la terre »²⁹.

Première idée de la relativité

Mais les Grecs étaient des hommes extrêmement intelligents qui avaient le sens de la précision et le goût de la certitude : le propre de leur génie c'est de ne pas se contenter avec des évidences apparentes et de vouloir partout « des démonstrations ». C'est pourquoi ils ont créé la science. Aussi l'hypothèse d'un mouvement *possible* de la terre s'est-elle vite présentée à leur esprit. Ajoutons que chez un peuple de marins, comme eux, l'idée de distinguer le mouvement apparent du mouvement réel devait surgir très facilement par suite de spectacles journaliers. Homère avait

(28) Plutarque. Du visage de la lune, 6.

(29) Γὰς μεσομφαλος ἔστια Eripide Ion v. 462. — Cf. Eschyle Sept contre Thèbes 747. — Sopstrocle Oedipe-Roi 480. — Euripide Oreste 331. — Pindare. — Néméennes 11 1.

déjà le sentiment de cette relativité. Il montre le navire de Télémaque

cinglant le long des îles *rapides*³⁰.

Et tout navigateur curieux est amené à réfléchir sur ces illusions de mouvement, sur la facilité avec laquelle elles se produisent, et sur leur étendue indéfinie. Les rivages semblent fuir devant le navire immobile. La grande féerie de la Mer qui avait si heureusement inspiré leur poésie allait-elle inspirer leur physique? Pourquoi la terre ne serait-elle pas le navire ayant le ciel comme rivage? Le doute a-t-il effleuré la pensée antique?

On sait que pour la Science moderne la terre est animée de deux mouvements : un mouvement de rotation autour de son axe dit : « mouvement diurne » et un mouvement de translation et de révolution autour du soleil dit « mouvement annuel ». Les Grecs ont émis les hypothèses de ces deux mouvements ; ils les ont discutées, et, comme nous allons le voir, ils ne les ont jamais complètement rejetées, bien qu'ils ne leur aient jamais donné une adhésion définitive³¹.

Le philosophe " d'Héraclée " **et le mouvement diurne**

Tout d'abord le mouvement diurne : cette opinion était déjà plus ou moins vaguement professée par certains Physiciens de la grande Grèce, « ceux d'Italie » comme on les appelait et dont les audaces de pensée l'accommodaient fort bien avec l'élan énergique d'un peuple jeune. Mais elle fut nettement énoncée par Héraclide du Pont. Cet Héraclide était né à Héraclée de Pont, dans cette lointaine Chersonèse Taurique, où, jadis Iphygénie immolait, sur ces plages sauvages, les victimes humaines. « Héraclide » était-il réelle-

(30) Ἐνθεν δ' αὖ νησοῖσι ἐπιπροεῖχε βοῶσιν. — Homère XV, 299.

(31) Sur les systèmes héliocentriques en Grèce, à consulter : Schiaparelli : Origine del sistema planetario eliocentrico presso i Greci. — H. Martin : Mémoires sur l'Histoire des hypothèses astronomiques chez les Grecs et chez les Romains. — P^r Thomas Heath : Aristarchus of Samos. — Rosenberger : Die Geschichte der Physik, p. 32. — Duhem : Le système du monde, p. 399 ssq. — Tannery : Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne VI.

ment sans nom? Est-il vraisemblable que cet homme portât précisément le nom de sa ville natale; et n'est-il pas plus plausible que les Grecs l'on surnommé ainsi pour éviter de prononcer un nom aux sonorités barbares, impossible à helléniser³²? Nous avons sur « l'homme d'Héraclée » le témoignage de Proclus et de Simplicius³³: « Héraclide du Pont et Aristarque croient pouvoir sauver les apparences en maintenant immobile le Ciel et les astres et en faisant tourner la terre d'Occident en Orient autour des pôles de l'équateur et cela de telle manière qu'elle fasse chaque jour *à peu près* un tour; ils ajoutent le mot « à peu près » en raison du mouvement propre du soleil qui est d'un degré par jour ». (Effectivement, pour la science moderne le jour solaire n'est pas tout à fait égal au jour sidéral). Cette opinion du « paradoxologue » dut sembler effarante. Pour la première fois l'immobilité de la terre et aussi la notion platonicienne et aristotélicienne de Haut et de Bas absolus étaient niées. Jamais une aussi audacieuse révolution de la pensée n'avait été effectuée.

Aristarque de Samos

et le mouvement annuel

Mais il est peu probable qu'Héraclide du Pont qui découvrit le mouvement diurne de la Terre ait connu le mouvement annuel. L'honneur de cette découverte était réservée à Aristarque. Nous avons sur Aristarque de Samos, qui florissait vers 280 des témoignages nombreux concordants, mais un peu sommaires³⁴. Le plus important, parce qu'il est presque contemporain de la découverte et parce qu'il émane d'un

(32) C'est ce qui s'est passé à la Renaissance pour Nicolas Chryppfe, surnommé Nicolas de Cuse, du nom de sa ville natale. (Voir plus loin page 100).

(33) Duhem, loc. citat. p. 404. — Proclus, (Commentaire au Timée de Platon, édit. Diehl, vol. III, p. 138). — Simplicius, (Commentaire du De Cælo II, 7).

(34) Archimède ὁ ψαμμιτης. — Stobie Eclogarum physicarum I, 23. — Simplicius, Commentoria in libros Aristoclis de Cælo II, 7. — Phitarque : de la face 6. — Diogène de Laërce, Vie des philosophes. — A Consulter Duhem : le système du monde, Tome I, p. 405. (Rosenberger, Geschichte der Physik, Tome I, p. 32.)

savant, est celui d'Archimède : Ce grand physicien nous a laissé un ouvrage curieux intitulé : « L'homme aux grains de sable » où il fait assez longuement allusion au système d'Aristarque. Nous avons vu déjà ce témoignage d'après lequel Aristarque admettait l'idée du mouvement *diurne* de la terre émise par Héraclide mais il admet en outre les propositions suivantes : 1° les étoiles fixes sont immobiles. 2° le soleil est au centre du système des étoiles fixes, immobile lui aussi. 3° la terre tourne sur une circonférence de cercle ayant pour centre le soleil.

Les objections religieuses

Le système d'Aristarque, plus effarant encore que celui d'Héraclide se heurte à trois sortes d'oppositions. 1° des objections religieuses, 2° des objections astronomiques, 3° des objections physiques. Nous avons eu un écho des objections religieuses dans l'attitude du stoïcien Cléanthe qui demandait « qu'on lui intentât un procès en sacrilège, pour avoir déplacé le centre sacré du monde. Ainsi dix-huit cents ans plus tard, Galilée était traduit pour la même raison devant le Tribunal de l'Inquisition. L'histoire est un éternel recommencement.

Les objections astronomiques

Les objections astronomiques consistaient en ceci : le système d'Aristarque répond-il bien aux apparences que nous offre le ciel ? Si la terre est animée d'un mouvement de translation dans l'espace, comment se fait-il que le spectacle des étoiles et des figures qu'elles composent soit le même à tous les points de la trajectoire³⁵ ? Ne semble-t-il pas que la « perspective » dût changer à mesure que notre globe se déplace comme les lumières d'une ville aperçues d'un train en marche ? Aristarque répondait très simplement : « Non, cette pers-

(35) En langage plus moderne cela revient à se demander comment il se fait que les étoiles fixes n'ont pas de parallaxe.

pective ne change pas, parce que ces étoiles sont immensément loin et que le rayon de l'orbite terrestre si grand qu'il soit, est extrêmement petit comparé au rayon de la sphère des étoiles fixes. Ici, se pose une difficulté : la terre est grande; le cercle qu'elle décrit autour du soleil ne doit pas être petit ; et ce cercle immense est, par hypothèse infinie à côté du cercle des étoiles fixes : à quelle distance énorme doivent-elles être ! Aristarque de Samos n'a pas reculé devant l'affirmation implicite de ces profondeurs insondables, que la science moderne a confirmées. D'ailleurs ajoutait-il probablement (mais ici nous infirmons sa pensée sans nous appuyer sur aucun témoignage) est-il bien vrai que ce spectacle de la voute étoilée ne change pas ? En ce qui concerne les étoiles fixes, oui : les distances apparentes respectives des étoiles restent sensiblement invariables, les figures des constellations sont continuellement inchangées. Mais en ce qui concerne les planètes, non, cela n'est plus vrai ; ces petits astres blafards et capricieux qui ont l'air d'être des morceaux de lune ne forment pas par leur assemblage une figure invariable. Nous voyons chacun d'eux avancer au milieu du champ des étoiles, puis arrivé à un certain point, s'arrêter, puis rétrograder, puis s'arrêter encore, puis repartir dans la direction primitive. Platon avait remarqué cette marche bizarre des « astres errants ». Ainsi le paysage céleste semble-t-il présenter deux plans : un arrière plan continuellement immuable, et même immobile si nous admettons le mouvement diurne de la terre, et où fourmillent des milliers d'astres scintillants, et un premier plan où les dispositions de figures changent à mesure que l'année s'écoule et qui n'est composé que de cinq ou six astres d'un aspect plus terne et dont la lumière ne semble être qu'un reflet. Comment expliquer cette bizarrerie ? une idée, une comparaison surgissait immédiatement à l'esprit d'un Grec des îles comme Aristarque de Samos. Les évolutions des barques autour des îlots sont bien suggestives : Si une barque A, au large, fait le trajet aller-retour entre deux points et si une barque B fait le trajet à peu près parallèle, avec une vitesse différente, les mouvements apparents de A référés par un

spectateur de B d'après un point du lointain rivage immobile paraît offrir alternativement des élongations, des stations, des retours. Le moindre marin de la mer Egée avait pu faire cette remarque; mais une telle dislocation de paysage marin ne s'explique qu'en supposant la mobilité de la barque d'où nous observons. Mais pourquoi la dislocation du paysage *céleste* ne s'expliquerait-elle pas de la même manière en supposant la mobilité de la terre?

Les objections physiques ou " ptoléméemes "

Les apparences célestes lui donnaient donc raison. Mais cette conception qui satisfait si bien aux apparences astronomiques se heurte à des objections physiques; et nous revenons ici, après un long détour inévitable, à la question de l'inertie. Déjà Aristote³⁶ avait objecté à l'idée du mouvement de la terre émise par des auteurs qu'il ne nomme pas la réflexion suivante : Si la terre était animée d'un mouvement de translation et de rotation, la pierre qu'on lance en l'air verticalement et qui, pendant un certain temps, est soustraite à l'entraînement du sol, devrait retomber à un point situé à une certaine distance de son point de départ (puisque pendant ce temps la terre s'est déplacée). Ptolémée³⁷ dans l'ouvrage célèbre qui a été le bréviaire de l'astronomie au moyen-âge semble s'être inspiré de cette objection et d'autres, analogues; son argumentation est, du reste, assez longuement développée³⁸ : la terre, dit-il, n'est animée d'aucun mouvement de translation ou de rotation « parce qu'alors elle précéderait tous les corps qui sont à la surface et les laisserait en arrière entraînée par l'excès de sa propre

(36) Aristote, *περι του Ούρανου* I, 8. — Cf. Lalo, Aristote p. 43.

(37) Claude Ptolémée astronome de Péluse vécut au II^e siècle de notre ère : Son ouvrage intitulé "Coordination mathématique" (*Συνταξις μαθηματικη*) a été connu par les Arabes sous le nom d'Almagesti (*Al-megisti*) et universellement répandu sous ce nom au Moyen-âge. — Fdition moderne ; Claude Ptolémée *opera quae existant* J. Heiberg Leipzig 1890. — A consulter : Rosenberger op. cit. Tome I p. 47.

(38) Voir Duhem. *Le système du Monde*, Tome I, p. 410 ssq.

grandeur ». Dira-t-on que ces corps eux-mêmes sont entraînés dans ce mouvement de translation ou de rotation soit parce qu'ils sont fixés au sol comme les arbres, les maisons, soit adhérents au sol par les aspérités de leur surface, comme les blocs de pierre, soit retenus dans leur lit comme l'eau des océans? Soit, admettons-le pour tous les corps fixés au sol, ou en contact avec lui ; mais les autres seraient animés d'un mouvement inverse de celui de la terre; « jamais un nuage, jamais un oiseau, jamais un projectile ne paraîtraient avancer vers l'orient; la terre en effet les gagnerait toujours de vitesse, et ils sembleraient toujours reculer vers l'occident. Dira-t-on que ces corps sont entraînés par l'air, entraîné lui-même par la terre? Mais alors quelle puissance formidable attribuerait-on à cet air, et comment pourrions-nous bouger dans un air exerçant une telle pression³⁹ ?

Valeur des objections

Ptoléméennes

« Une telle physique nous surprend, dit Duhem⁴⁰, et nous nous étonnons que Ptolémée ait pu accorder quelque valeur à ces arguments ». Cela est vite dit! La question de l'entraînement des fluides par la terre est une des plus délicates de la physique moderne; elle y crée actuellement une crise grave dont on ne saurait prévoir l'issue; mais dans tous les cas, on ne peut pas dire raisonnablement que les corps non adhérents au sol sont entraînés par l'air; on ne peut même pas dire que l'air lui-même est entraîné. Ce qu'il faut dire (mais cela constitue un paradoxe énorme) c'est que tous les corps qui constituent la terre et tout ce qui l'entoure, y compris chaque molécule d'air, sont individuellement *lancés* parallèlement à notre planète, avec une vitesse égale, — et que la même raison profonde et ignorée qui continue l'élan de celle-ci prolonge aussi l'élan de ceux-là; et il n'y a pas même une solidarité actuelle entre ces élans : si, d'aven-

(39) Ptolémée. Coordination mathématique I, 6.

(40) Duhem. Le système du Monde. Tome I, p. 414.

ture, la terre s'arrêtait, les corps non fixés au sol, les masses d'air, les mers et les océans, continuant aveuglément leur mouvement propre balaièraient avec une violence inouïe la surface des terres émergées : chacun de ces corps, actuellement, est pour son compte un projectile.

Pourquoi elles n'ont pas été résolues

C'est là, comme nous le verrons, le « Sésame ouvre-toi » de la science moderne; il est redoutable. Il contient en germe l'inertie et la relativité; car la science moderne tout en acceptant l'opinion paradoxale que nous venons d'exposer supprime (ou dissimule) les termes dont nous nous sommes servis : élan, projectile, etc., et transpose la question, pour ainsi dire, sur le plan de l'inexprimable. Mais, pour en venir à cette conception étrange, il fallait être deux fois sûr du mouvement de la Terre; il fallait que Copernic ait renoué la doctrine d'Aristarque en lui donnant une vigueur cette fois irrésistible; il fallait des observations astronomiques faites au moyen d'instruments perfectionnés, il fallait le génie de Descartes affirmant le principe de la réciprocité du mouvement. La savante construction d'Aristarque exacte, mais à ce moment non étayée de preuves, ne pouvait avoir cette puissance de déterminer cette audace nouvelle de la pensée : l'essor était insuffisant, on retombe dans l'idée de l'immobilité de la Terre.

Dégradation de la doctrine héliocentrique

Et cependant le système d'Aristarque a eu, dès l'antiquité un succès prodigieux; au fond la pensée grecque dès lors ne s'en est jamais complètement affranchie. Sans doute les astronomes postérieurs à Aristarque sont revenus tous à l'idée de l'immobilité de la terre; ils ont rompu avec l'héliocentrisme⁴¹. Cela vient en partie de ce que la doctrine d'Aris-

(41) Duhem. Le système du Monde, Tome I, p. 429 ssq.

tarque est apparue à une époque où déjà la pensée grecque s'éteint, à une époque de lassitude, de scepticisme, d'éclectisme élégant et indifférent. Si cette doctrine avait paru un siècle plus tôt, en pleine fièvre de la pensée grecque, elle eût suscité sans doute des oppositions véhémentes, mais aussi des enthousiasmes ardents, des recherches, des calculs et toute une floraison d'idée tandis qu'à son époque l'enseignement d'Aristarque n'a produit qu'une vague inquiétude, des essais d'accommodements et d'atténuations ; toutefois les systèmes d'astronomie qui lui ont succédé semblent beaucoup moins être une renaissance de géocentrisme platonicien et aristotélicien que les vestiges et les débris de l'héliocentrisme ruiné : Ptolémée est un disciple timide et maladroit d'Aristarque de Samos beaucoup plus qu'un successeur d'Aristote. Schiaparelli et Duhem ont établi avec beaucoup d'ingéniosité et de compétence le rapport de filiation qui existe entre les conceptions d'Héraclide du Pont et d'Aristarque, d'Hipparque de Théon de Smyrne et de Ptolémée-Héraclide de Pont ; Aristarque avec l'intuition du génie qui va jusqu'au bout et tout droit à la vérité, avaient établi la réalité des deux mouvements de la Terre ; les systèmes suivants constitueront une sorte d'héliocentrisme gâché où l'on assiste, par de misérable compromis, à des dégradations successives de la conception de ces deux grands savants.

Les excentriques et les déférents

Ce sera la fameuse théorie des excentriques et des épicycles. Un astronome inconnu imagine que le soleil était centre planétaire, mais en conservant l'immobilité de la terre et le mouvement du soleil autour d'elle : C'est au fond le compromis qu'imaginera plus tard Tycho Brahé après Copernic ; puis pour expliquer certaines anomalies des saisons on imagine que le soleil ainsi que chaque planète circulent autour d'un point fixe, *mais non situé au centre du monde*. C'est la théorie des excentriques, ni Aristote, ni Platon n'eussent admis cette idée d'astres circulant autour d'un point immatériel, c'est-à-dire autour de rien. Aristarque non

plus; et la théorie des excentriques qui veut être un compromis entre les deux thèses adverses aboutit à n'en satisfaire aucune et à énoncer, en somme, une absurdité : C'est le sort de tous les compromis. Puis on imagina que ces points, centres de mouvements planétaires, étaient eux-mêmes en décrivant un cercle *déférent*, ainsi le mouvement de chaque planète ressemble au mouvement d'un point de la circonférence d'une roue (déférent) qui tournerait elle-même autour d'une autre roue; ce point décrit une courbe qui figure une sorte de guirlande que les mathématiciens appellent épicycloïde; c'est la théorie des épicycle, qui n'est, comme on le voit qu'une complication de la théorie des excentriques.

Les épicycles

L'héliocentrisme gâché

Sauve-t-elle les apparences? Rejoint-elle les faits? Oui, à condition de ne pas être trop exigeant. On remarque, en effet, sur la courbe le changement de direction indiqué par les flèches et l'on conçoit que la projection de ces fragments de courbe sur la voûte céleste figurent, ou à peu près, les alternances de progression et de recul des planètes : cette hypothèse satisfait donc dans une certaine mesure, aux apparences, dans la mesure, précisément, où elle garde quelque chose de la théorie héliocentrique abandonnée. Mais elle n'y satisfait qu'imparfaitement; et on croit pouvoir l'améliorer en y ajoutant de nouvelles complications : on imagina que le centre de déférence était lui-même en dehors du monde et enfin que ce centre de déférent circulait lui-même autour du centre du monde. On parvenait ainsi, de complication en complication, à rejoindre tant bien que mal les faits, mais sans jamais les rejoindre complètement et en accumulant des hypothèses absurdes.

Héliocentrisme et inertie

Mais ce que nous remarquons dans ces singulières doctrines, c'est la survivance en elles, plus ou moins effacée,

de l'héliocentrisme et le germe qu'Aristarque avait déposé dans la science, y était comprimé étouffé, mais non aboli; ces systèmes entraînent dans leur orbite des lambeaux de cette vérité qu'ils avaient traversée en la dédaignant. Mais nous avons vu ce qui avait causé la ruine de l'héliocentrisme; astronomiquement satisfaisant, il paraissait physiquement faux; il manquait une exacte compréhension de l'inertie pour que la vérité frôlée fût réellement établie à jamais; la vérité définitive naîtra vingt siècles plus tard de la coalescence des découvertes astronomiques confirmant celles de l'antiquité; mais plus solidement assises et plus sûres, et d'une doctrine de l'élan automoteur profondément modifiée dans son essence, les deux découvertes s'étayant l'une l'autre et se prêtant un mutuel encouragement.

CHAPITRE II

LE MOYEN-ÂGE

La pensée du moyen-âge est beaucoup plus confuse que celle de l'antiquité. Trois courants s'y mêlent : le courant platonicien, le courant aristotélicien plus ou moins mêlés l'un à l'autre et un courant nouveau dont nous aurons à retracer l'origine. Cependant une même mentalité, entièrement nouvelle, plane sur ces trois courants de pensée. Voici comment nous la caractérisons¹ :

Aristotélisme et expérience

C'est d'abord l'usage et l'abus que le moyen-âge fait de l'expérience. Avec le mot « Aristotéles », le mot qui revient le plus souvent dans les physiques moyen-âgeuses, c'est le mot « experientia ».² Ceci peut paraître paradoxal puisque, aux yeux de tous, l'aube des temps modernes coïncide avec l'avènement de la méthode expérimentale. Mais l'expérience dont nous parlons et dont le moyen-âge abuse est une expérience confuse, un enregistrement pur et simple des apparences; elle croit prouver quelque chose et elle ne prouve rien que la légèreté de l'esprit qui s'est basé sur elle. Avec un sûr instinct des exigences scientifiques, instinct qui guidera Galilée, les Grecs sentent que plutôt que de faire appel

(1) Par exemple dans le petit texte d'Albert de Saxe auquel nous faisons allusion tout à l'heure, ce mot figure neuf fois.

(2) Ouvrages généraux consultés : Rosenberger : *Geschichte der Physik*, Band I, 2^e partie. — Duhem : *Le système du Monde*. — Meyerson : *Identité et Réalité*, p. 95 ssq., et appendice, p. 416 ssq.

à une expérience superficielle et confuse, il vaut mieux ne pas lui faire appel du tout.

Verbalisme

C'est ensuite, (et ce caractère se lie au précédent), la désinvolture avec laquelle la pensée se dispense d'explication. La constatation du fait est érigée en raison des choses on lui donne un nom pompeux tiré du Grec et on s'en tient là; jamais le verbalisme n'a sévi davantage qu'à cette époque. Les entités, les vertus, les horreurs, les principes vont pulluler. La « vertu dormitive » de l'opium fera pendant à la « vertu imprimée » des projectiles; cela ne vient pas d'Aristote, puisqu'au contraire il cherche à résoudre cette « vertu » en ses éléments composants, à en rendre compte, à en donner la *raison*. Elle vient d'une paresse de l'esprit qui se refuse à analyser. Ces « vertus », on leur prête non seulement une sorte de réalité mais une sorte de vie. Le moyen-âge est « animiste ». En cela, il prolonge peut-être Aristote, mais en lui imprimant son cachet mystique, son spiritualisme vague, son dégoût du corps.

Aussi, quand le moyen-âge adopte la théorie de Platon et d'Aristote, il lui imprime une déformation : gardant parfois les mots, il leur donne un autre accent. Ce sont bien toujours les idées antiques mais défigurées et dégradées par de pauvres cervelles. Platon avait conçu un univers tournoyant dont « le tourbillon » naturellement apte à se ramasser sur lui-même, resserre (sphiggei) toutes les choses et ne laisse subsister aucun vide dans l'espace³. Aristote, pour une autre raison, avait dénoncé comme impossibles l'existence de l'infini et l'existence du vide; nous avons vu pourquoi : dans le vide et dans l'infini la référence quantitative ou qualitative des mouvements est impossible; et par conséquent s'ils existaient, la réalité absolu des mouvements s'évanouirait, il n'y aurait plus que des mouvements relatifs, ce qui semble choquant au Stagirite⁴. De ces idées profondes, ou,

(3) Timée 58 éd. Didot p. 224.

(4) Voir plus haut p.

en tout cas, réfléchies, le moyen-âge tire une idée stupide : « l'horreur du vide » que ni Platon, ni Aristote n'avaient mentionnée en ces termes. Pour Platon et pour Aristote, l'absence du vide dans la nature est bien un fait, une nécessité même; mais c'est un *effet* d'une cause métaphysique plus profonde; chez les philosophes du moyen-âge elle devient une *cause*.

Application au mouvement des projectiles

Il est vrai que cette horreur du vide va aider à préciser la théorie de la réaction tourbillonnaire. On va supposer que derrière le projectile en mouvement la Nature ayant horreur du vide, l'air se précipite pour remplir l'espace resté vide et l'élan avec lequel il se précipite frappant le projectile par derrière communique à celui-ci une nouvelle impulsion. Il est vrai qu'une difficulté sera bientôt signalée par les physiciens du moyen-âge eux-mêmes; car ces physiciens, c'est visible, même pendant la période scolastique regimbent contre l'autorité d'Aristote⁵; ils ne le contredisent pas ouvertement parce qu'ils n'ont rien à lui opposer; mais ils se plaisent à le mettre en contradiction avec lui-même : « Si une masse d'air vient, en vertu de la réaction tourbillonnaire, frapper l'arrière du projectile, en vertu du même principe, une autre masse d'air viendra se précipiter pour remplacer cette masse d'air lancée en avant et le mouvement, soit devant, soit derrière, se poursuivrait à *l'infini* ce que nous n'admettons pas, en vertu de vos principes mêmes ».

La vertu automotrice

Aussi, cette conception de la réaction tourbillonnaire,

(5) La plupart des traités de Physique du III^e au XVI^e siècle sont des "Commentaires perpétuels" de la Physique d'Aristote : ils suivent le texte de la *Φυσικὴ ἀκροασις*, chapitre par chapitre, mais sans se croire tenu d'en adopter nécessairement les opinions. — La division du Moyen-âge en 2 périodes (pré-aristotélécienne et aristotélécienne) nous paraît bien artificielle : la vérité c'est qu'il y a eu à un certain moment, comme dit Duhem, une "crue" de l'aristotélisme.

maintenue grâce à la force du préjugé aristotélicien, et durement imposée dans les écoles, n'est pas du tout celle où tend la pensée indépendante du moyen-âge. Au fond, le moyen-âge tend à se passer d'explication, et rien de plus; et ceux qui n'avaient pas trop peur de s'éloigner de la doctrine aristotélicienne disaient que le projectile se meut parcequ'il a en lui une « vertu automotrice ». Cette idée a eu une fortune considérable. On a voulu y voir l'amorce de l'idée d'inertie. Il faut en retracer la genèse.

Antécédents de cette doctrine

La trouvons-nous déjà dans l'antiquité? Non, ou extrêmement peu. Nous avons vu pourquoi l'antiquité y répugnait.

A. — Hipparque et Philon de Byzance

Cependant, il faut ajouter une réserve : l'antiquité n'y répugne que quand elle réfléchit. Sous l'effet du langage qui substantive et hypostasie les abstractions, sous la plume des auteurs nous voyons très vite apparaître des expressions comme « force projetante » « puissance imprimée » etc..., et nous ne sommes jamais certains qu'elles ne représentent pas une entité. Quand le rédacteur d'un manuel d'artillerie nous parle de la force d'inertie, sommes-nous sûrs qu'il ne fait pas de cette force une « substance »? Nous pouvons même être sûrs du contraire. Nous ne nous étonnerons donc pas qu'Hipparque, dans son traité sur la « pesanteur des objets portés⁶ » nous dit que la force de projection est la cause du mouvement de la pierre sur le haut, vainquant ainsi la pesanteur; puis la puissance de cette force diminue et enfin s'évanouit et la pesanteur reprend ses droits; c'est, au fond, la traduction pure et simple des faits, c'est le verbalisme se substituant à l'analyse, refusant soit de décomposer comme

(6) Cité par Simplicius, Cf. Meyerson op. cit. p. 416.

le faisait Aristote, soit d'intégrer comme le fait la pensée moderne; mais on n'en peut rien tirer de sérieux. Pouvons-nous tirer davantage de certaines expressions de Philon de Byzance dans son « traité de balistique »? Autant vaudrait chercher une philosophie de la Nature dans les termes qu'emploient les manuels d'artillerie de nos écoles à feu. Et, certes, il est probable qu'en cherchant bien on trouverait dans les ouvrages techniques de l'antiquité, des exemples nombreux de l'emploi des termes analogues à celui de force projetante, d'élan imprimé, etc.; mais cela ne prouve absolument rien; il n'y a là que des commodités d'expression et des concessions au langage courant; la preuve c'est qu' aussitôt après avoir parlé de la force projetante les « Questions mécaniques » énoncent le principe de la réaction tourbillonnaire⁷; c'est ainsi qu'un copernicien peut, parfaitement quoique provisoirement, parler de « lever » et de « coucher » de soleil, sans qu'on puisse rien inférer de ces expressions.

Les aristotéliens asiatiques

Les disciples lointains d'Aristote, presque tous des asiatiques, comme Thémistios, Simplicios, Alexandre d'Aphrodisias⁸, n'avaient rien ajouté à la pensée du Maître. Comment ces commentateurs auraient-ils trouvé quelque chose? Ils n'étaient même pas capables de bien pénétrer la pensée de leur auteur! Ce qu'ils reproduisent assez bien en les accentuant, ce sont les oscillations de la pensée d'Aristote; ils s'accordent sur ce point : c'est le milieu (l'air ou l'eau) qui est cause de la continuité du mouvement; mais sur la question de savoir comment le milieu produit cet effet ils hésitent.

(7) Questions mécaniques, 34^e question, éd. Van Cappell, Amsterdam, 1812.

(8) Themistios, né en Paphlagonie en 325, enseigne à Constantinople. — 3. Simplicius, né en Cilicie au VI^e siècle, enseigne à Athènes, se réfugia auprès du roi de Perse, Chosroés. — 4. Alexandre d'Aphrodisias, né en Cilicie (III^e siècle), enseigne à Alexandrie. Tous trois ont écrit des commentaires sur les ouvrages physiques et astronomiques d'Aristote. Les commentaires ont été édités par l'Académie de Berlin. Cf. Bréhier, op. cit. Tome I, fascicule II.

tent ; d'une part, leurs préférences vont à une explication purement mécanique, voisine de l'explication par la réaction tourbillonnaire, en vertu de laquelle l'air ébranlé revient à l'arrière du projectile pour le porter en avant ; c'est la solution qui est donnée dans les « Questions mécaniques »⁹. C'est aussi celle de Simplicius : l'air, comprimé par la violence qu'il subit, réagit circulairement et pousse devant lui le projectile. Comme cela se reproduit continuellement, le mouvement du projectile persiste jusqu'au moment où l'entraînement (rhumé), de l'air mû du mouvement tourbillonnaire, se trouve affaibli au point que le mouvement naturel du projectile (la pesanteur) l'emporte. Mais, d'un autre côté,

L'aimantation de l'air

ils sentent bien que cette explication est fragile, car, visiblement, l'air ne bouge pas ; aussi sont-ils amenés à se servir de termes beaucoup plus vagues : l'air n'entraîne pas le projectile, mais, ébranlé et affecté dans sa nature intime (oïkeia), il lui communique une sorte de galvanisme ; tel l'aimant qui meut les morceaux de fer, bien qu'il soit, lui-même, immobile. Toutefois, cette explication ne les satisfait qu'à moitié parce que le fer perd son aimantation quand on éloigne l'aimant tandis que l'air garde son pouvoir automoteur quand la machine balistique s'est éloignée ; de sorte qu'une autre comparaison s'imposait à l'esprit : celle de l'eau qui demeure chaude et capable de communiquer sa chaleur même quand sa source de chaleur est supprimée. C'est l'opinion à laquelle se rallient Alexandre d'Aphodisias et Themistios¹⁰. Ni l'une ni l'autre de ces solutions n'étaient exactement celle du Maître : Aristote trouvait des difficultés à la réaction tourbillonnaire ; mais il n'admettait pas non plus la persistance et surtout la continuité d'une sorte d'ai-

(9) Προβλήματα μηχανικά. Ouvrage sous forme de questions et de réponses sur des sujets de mécanique, œuvre d'un inconnu, disciple immédiat d'Aristote.

(10) M. Meyerson (op. cit. p. 98) semble mettre sur le compte de Thémistios l'origine de la "vertu est puissance imprimée" des physiciens ultérieurs. Mais cette attribution serait fautive, semble-t-il ; il y a lieu d'après Thémistios une puissance imprimée (δυναμὴς ἐνδοθεῖσα) ; mais à l'air. Cf. Duhem loc. cit.

mantation, puisque, pour lui, il n'y a qu'une série d'actions instantanées. Nous assistons donc, ici, à une dégradation progressive de la pensée du Maître et au glissement vers la théorie de la « vertu imprimée » de Philoponos. Sans doute, ce n'est pas la même chose, puisque cette puissance mystérieuse est « incorporée » au milieu et non au projectile lui-même; mais c'est tout de même la conception d'une puissance automotrice » ; en d'autres termes, la pensée, en s'écartant d'Aristote répugne de moins en moins à admettre comme principe d'explication des vertus, des puissances, en un mot des entités; en somme, on se borne devant un fait à hypos-tasier le mot qui désigne ce fait, sans l'approfondir ni l'intégrer, *c'est le refus d'analyse; mais on remplace cette analyse par des comparaisons et des images*. Thémistios est très éloigné de Philoponos puisqu'il est (ou se déclare) aristotéli-cien, tandis que Philoponos ne l'est pas; mais au fond, la différence est faible, du moment qu'on admet une puissance automotrice mystérieuse, pourquoi l'attribuer au milieu? Pourquoi ne pas l'attribuer tout bonnement au projectile lui-même? A mesure que la pensée devient plus lâche, qu'elle consent de mieux en mieux aux explications « paresseuses » un glissement s'opère et aboutit à la théorie de Philoponos et des commentateurs byzantins.

Les byzantins :

La puissance motrice incorporée. Philoponos

La théorie de Philoponos¹¹ est réellement une nouveauté, de qualité médiocre, il est vrai, mais une nouveauté; la preuve, c'est que, plus tard, les anti-aristotélisiens se réclament de lui comme d'un Maître¹². Il y a trois hypothèses dit

(11) Jean Philopon, grammarien d'Alexandrie, mort vers 660. Auteur d'un « Traité de la Création du Monde » et de commentaires sur Aristote. — Sohami Philoponi in Aristotelis Physicorum libros V posteriores commentarii. — Ed. Hieronymus Vitelli, Berlin 1888, IV, 8. Voir Duhem, op. cit. p. 380 ssq.

(12) Ex. Ramus. Scolarum physicarum libri octo p. 114. Ramus est un des plus ardents adversaires de l'aristotélisme à la Renaissance.

Philoponos, pour expliquer le mouvement des projectiles : d'abord la réaction circulaire; elle est inadmissible, et pour beaucoup de raisons. Ensuite l'action directe de l'air ébranlé par le propulseur; mais, s'il en est ainsi, pourquoi appliquer le propulseur, c'est-à-dire la corde, à la flèche? pourquoi ne pas la placer horizontalement sur une tige en agitant l'air violemment « par derrière ». Or, dit avec malice Philoponos, fût-il poussé par dix-mille machines, cela ne donnerait aucun résultat. Reste qu'une certaine puissance motrice « incorporelle » soit cédée au projectile par l'instrument du jet; le transfert de ce projectile s'effectuerait aussi bien dans le vide et même mieux. Cette conception, ajoute Philoponos, est-elle donc si étrange? Ne croyons-nous pas que certaines énergies sont émises par les couleurs et teignent les corps solides qui leur sont présentés; par exemple lorsqu'un rayon solaire traverse un vitrail de couleur, il colore les corps sur lesquels il tombe.

Insistons un peu : ce qui mérite d'être remarqué dans les textes de Thomistios et de Philoponos ce sont les images; l'un compare l'élan du projectile à la chaleur qui laisse la source chaude au corps qu'elle a touché, l'autre à la couleur que le vitrail communique au rayon de lumière. En somme, ce qu'ils nous représentent c'est l'*incorporation d'une qualité*. La substance du corps s'imbibe, pour ainsi dire, de vertu motrice et elle est d'autant plus capable d'en absorber qu'elle a plus de masse. La nature nous montre donc dans les corps deux sortes de « vertus », les unes inhérentes à eux comme la « vertu dormitive » de l'opium, les autres incorporées violemment à eux, comme le mouvement d'une flèche. C'est enfantin; ce n'est pas une explication, c'est un mot dont nous décorons notre ignorance. Le lecteur fait peut-être cette réflexion qu'on peut en dire autant de notre principe d'inertie. Ce n'est pourtant pas la même chose : le principe d'inertie se pose comme un absolu; il s'applique à tout; il est vrai de tout ce qui se meut, de la flèche lancée vers la cible, de la pierre qui tombe, de l'astre qui gravite. Il constitue si l'on veut un mystère mais il ne constitue pas une énigme; il n'irrite pas l'esprit par le spectacle d'une

anomalie et, avec lui, la nature, au moins, n'est pas boiteuse; il s'intègre dans un système d'explication général du monde. Mais la vertu « incorporée » de Philoponos n'a pas plus de valeur scientifique que l'horreur du vide.

Fortune de cette notion :

l'Université de Paris

Elle a eu pourtant une fortune singulière, et le mérite de contrebalancer l'influence aristotélicienne du moyen-âge. Elle a pour ainsi dire fait le vide où la vérité devait entrer. On pourrait croire que cette réaction anti-aristotélicienne est l'œuvre d'isolés : en réalité elle était déjà organisée et consciente, elle avait pour siège l'Université de Paris; cette université, au XIV^e siècle, était devenue le centre intellectuel du monde. La « Faculté des Arts » de Paris professe un nominalisme mitigé : on commence à faire bon marché des opinions de Ptolémée et d'Aristote; on conseille continuellement le recours à l'expérience, à l'intuition des sens; mais on est timide : on se gausse du Maître plutôt qu'on ne s'en affranchit réellement. La doctrine de Jean de Jandun¹³, de Buridan¹⁴, d'Albert de Saxe¹⁵, est un éclectisme adroit même un peu retors ; elle est, dit Duhem, essentiellement « pondérée et empreinte de bon sens ». Ajoutons que c'est un bon sens un peu gros, celui de Petit-Jean dans les Plaideurs; on y sent la marque du terroir parisien, champenois et picard, les horizons bornés, l'esprit frondeur et un peu narquois, mais prudent.

(13) Jean de Jandun, champenois d'origine, occupa, en 1316, une chaire à la Faculté des Arts de Paris. Cf. Duhem, op. cit. IV, p. 96.

(14) Jean Buridan, né à Béthune, devint, en 1348, recteur de l'Université de Paris. Cf. Duhem, op. cit. IV, p. 24. Il existe un manuscrit de Buridan où la question des projectiles est traitée, (Bibliothèque Nationale, fonds latin, mss, n° 14.723, fol. 106).

(15) Albert de Saxe, professeur à la Faculté des Arts de Paris, élève de Saxonia in octo libros physicorum, livre VIII, quest. XIII, fo. LXXXIII. Bibliothèque Nationale, fonds réservé, R. 554.

Albert de Saxe

C'est par Albert dit « de Saxe » surtout que nous connaissons cette doctrine; ses ouvrages ont dû être beaucoup lus et beaucoup goûtés, puisqu'ils ont été réimprimés à la Renaissance, lus par Ramus¹⁶ et, croyons-nous, par Galilée. Evidemment Albert dit « de Saxe » ne mérite pas une admiration sans borne; il n'est pas profond, ses pensées sont communes et médiocres; mais elles n'en sont que plus représentatives de l'époque, et dignes d'être analysées¹⁷. Par quoi est mû le projectile? Il y a, à ce propos, trois opinions : 1° le projectile est mû par le corps qui l'a lancé — opinion manifestement fausse, puisque le projectile continue sa route même si ce corps propulseur est détruit; 2° le projectile est mû par l'air qui, par horreur du vide, se lance à sa poursuite et le pousse par derrière : opinion peu vraisemblable car elle entraînerait un mouvement indéfini, et d'ailleurs elle ne vaudrait rien pour le mouvement de la meule et de la toupie qui continue sur place; de plus, les brins de foin qui tombent à l'arrière du chariot en marche, poussés par l'air, devraient suivre le chariot, ce qui n'est pas : enfin, une mince fléchette ne pourrait pas se mouvoir vite n'étant poussée que par bien peu d'air. 3° le propulseur émeut l'air ambiant qui entraîne le projectile : opinion peu probable car si elle était vraie on pourrait projeter une plume plus loin qu'une pierre. Enfin, la quatrième opinion, celle à laquelle Albert de Saxe se rallie c'est que l'agent projetant *incorpore* au projectile une certaine « vertu motrice » qui est « une certaine qualité » susceptible de mouvoir le projectile jusqu'à une certaine distance; cette qualité s'épuise, bien entendu; mais une pierre en absorbe (récapit) plus qu'une plume parce qu'elle possède plus de masse (*materia*) et, par suite, son mouvement dure plus longtemps. Telle est la théorie d'Albert de Saxe. Nous ne voyons pas du tout que la loi d'inertie y soit entrevue; tout ce que nous voyons

(16) P. Rami Scholarum Physicarum libri octo, passion, notamment p. 111 ssq.

(17) Albert de Saxe, loc. cit.

c'est que le joug d'Aristote est denoué, mais cela est déjà précieux.

Progrès de cette notion

Une des causes qui ont, croyons-nous, contribué à cette faveur accordée à la théorie de Philoponos; ce sont les progrès de l'artillerie. La majorité des exemples chez les auteurs que nous allons citer s'appuie sur l'invention des armes à feu; il n'y est question que d'arquebuses, de bombardes, de couleuvrines. Les premières bombardes ont été inventées et utilisées pendant la guerre de cent ans, des perfectionnements successifs dans le chargement des pièces, la portée et la rectitude du tir ont été apportées au XV^e et au XVI^e siècle, et l'artillerie moderne est enfin créée; dans ce mouvement de boulet de canon, par sa puissance destructive, sa durée et la longueur de la trajectoire, frappent l'imagination, il devient difficile d'expliquer ce mouvement par la Réaction ambiante des philosophies antiques, si l'on considère à la fois la masse et la puissance du projectile d'une part, et l'inalité du milieu, de l'autre. Décidément, une autre théorie s'imposait.

Animalisation du concept

Mais si les progrès de l'artillerie ont, très évidemment influé sur l'évolution des conceptions mécaniques de cette époque, on ne peut dire si cette influence n'a pas été plutôt fâcheuse que bonne; en un sens, elle rapprochait les esprits de l'inertie, mais dans un autre sens, elle les en détournait et les lançait dans une voie fausse; elle créait une entité : la vertu motrice.

Le premier danger, danger qui n'a pas été évité, c'est l'animalisation de cette vertu motrice; elle est réellement un être, un être vivant : elle naît, grandit et meurt. Considérons, par exemple, Léonard de Vinci. Nous devons aux recherches si précieuses de Duhem¹⁸ d'avoir mis en lumière les

(18) Duhem. Etudes sur Leonard de Vinci, p. 108 ssq.

vues, en partie fécondes, du grand humaniste sur ces questions de mécanique. Léonard nous a, en effet, laissé un manuscrit¹⁹ contenant ses idées sur le mouvement des corps graves; et on s'aperçoit que les auteurs du XVI^e siècle qui ont traité cette question, l'ont lu et plagié. Toutefois, nous ne suivrons pas absolument Duhem dans l'admiration qu'il professe pour cette partie de l'œuvre de Léonard de Vinci. D'abord, lui aussi, a des précurseurs dont il s'inspire; nous le savons; et puis, plus que tout autre, il donne à cette vertu motrice imprimée une sorte d'orientation vitaliste : l'élan (*impeto*) d'un projectile est une vertu créée par le mouvement et transmise par le moteur au mobile qui a, du mouvement « ce que l'élan a de *vie* »²⁰. Mais cette *vie* de l'élan n'est pas éternelle, elle « va se consumant par degrés »; la force court avec furie à sa mort désirée²¹. Nous remarquons que ce mot furie, qu'emploie Léonard de Vinci, se retrouve sous la plume d'un de nos romanciers contemporains de la Grande Guerre : « coups nets d'un marteau demeuré sur une enclume..... vertigineux de force et de furie »²². C'est bien ainsi sous cet aspect que les choses se présentent à un artiste, à un homme de lettres, à un poète.

Mais l'idée d'expliquer le ralentissement du projectile par la résistance du milieu, cette idée n'y est pas : l'inertie véritable n'est qu'entrevue; elle ne pouvait pas, en effet, se dégager de la considération du mouvement d'un boulet de canon; ce mouvement est d'origine trop obscure, la déflagration de la poudre sera longtemps un phénomène mystérieux; de plus, ce mouvement est trop rapide et trop violent; il ressemble trop à une fureur qui s'éteint par sa violence même : l'idée de l'inertie ne pouvait sortir que de la contemplation d'un mouvement lent; et la trajectoire des corps célestes pouvait seul l'inspirer, comme nous le verrons, parce qu'alors, et alors seulement, il apparaît que la *violence* n'est pas nécessaire à la continuation du mouvement.

(19) Manuscrit de Léonard de Vinci. Bibliothèque de l'Institut.

(20) Manuscrit, fol. 22, recto. Cité par Duhem, op. cit. p. 111.

(21) Ibid. Léonard emploie aussi quelquefois le mot de « *forza* ».

(22) Barbusse. Le Feu. p. 229.

**Essai de " composition
des forces " : Baldi**

Ce qu'il y a de plus original et de plus fécond dans l'idée de Léonard c'est l'idée de la *composition* des mouvements; l'élan se compose avec la pesanteur pour donner une ligne infléchie. Cette idée de la composition du mouvement, Léonard de Vinci semble réellement l'avoir inventée. Gaétan de Dyène et d'autres distinguent la « gravité naturelle » c'est-à-dire la pesanteur et la « gravité accidentelle », c'est-à-dire l'élan du projectile²³; ceux deux expressions étaient même courantes à l'époque de Léonard; lui-même les emploie quelquefois. Mais l'idée de *composer* ces mouvements n'est clairement aperçue qu'à partir de Léonard. Dans le manuscrit, et dans l'ouvrage de Bernardin Baldi²⁴ qui en est un plagiat, on trouve une analyse véritable de la trajectoire des projectiles : Il est vrai que cette analyse est peu exacte et que la courbe est erronée. Balde divise cette trajectoire de projectile en trois portions; la première est décrite d'un mouvement violent, la deuxième d'un mouvement mixte, la troisième d'un mouvement naturel; la trajectoire est d'abord rectiligne — horizontale, puis courbe, puis rectiligne verticale. Cela est vrai qu'à condition de dire que ces portions se confondent et que la pesanteur commence à agir dès la

**Le mouvement
de la toupie**

sortie du projectile. Beaucoup plus heureuse est l'explication du mouvement de la toupie²⁵. Pourquoi la toupie qui tourne ne tombe-t-elle pas? Baldi donne de ce phénomène une explication très élégante. Supposons que l'axe de la

(23) Cf. Gaétan de Tiène (Recollecta Gaietani super octo libros Physicorum, à Venise, chez Locatillo). Alexandre Piccolomini (in mechanicas quaestione Aristotelis, ch. XXXVII). Duhem, op. citat. p. 110 ssq.

(24) Bernardino Baldi, évêque de Gerastalla. Auteurs d'ouvrages de physique.

(25) Bernardino Baldi. In mechanica Aristotelis problemate exercitationes, p. 22. Duhem, op. cit. p. 117.

toupie, au temps t , soit entraîné par une cause quelconque, par exemple par une inégalité de poids à tomber à *gauche*; à l'instant qui suit, par suite du tournoiement, la même cause l'entraîne à tomber à droite, et ainsi de suite, de sorte que les potentiels de chute opposés se neutralisent réciproquement. Mais cette explication n'est pas seulement élégante, elle est *vraie*; elle n'est pas seulement vraie, elle est féconde; l'idée infiniment précieuse qu'il y a, là-dedans, et qui aurait dû décidément rompre l'idée d'inertie, c'est l'idée qu'il faut pour analyser un mouvement *l'intercepter entre deux instants immédiatement successifs de la durée*²⁶: au fond nous le verrons, tout est là. Mais les contemporains et Baldi lui-même n'y ont pas été assez attentifs, et cette idée de l'inertie, encore une fois frôlée, échappait encore.

**Le fantôme
de l'accélération
de l'élan**

L'idée de la « vertu motrice » nous éloignait et l'aristotélisme. Toutefois le cordon ombilical n'était pas coupé et ne le sera jamais; et de plus, le souvenir de la doctrine aristotélicienne entretient dans la physique d'alors un singulier préjugé que la théorie de l'élan automoteur n'était pas faite pour dissiper, au contraire. Aristote avait, en effet, déclaré que le mouvement d'un projectile est *d'abord accéléré*²⁶. Cette affirmation est contraire à toute saine raison, à toute logique et à toute expérience, voire la plus vulgaire; de toutes les opinions accréditées par Aristote, c'est elle qui aurait dû disparaître la première; en fait, c'est elle qui a duré le plus longtemps: nous la retrouvons au xvii^e siècle chez Roberval²⁷ et d'autres, alors que l'aristotélisme était profondément ébranlé, sur ses bases les plus solides. Cardan²⁸ explique l'accélération par le mouve-

(27) Roberval. (Traité de mécanique, mss. bibliothèque nationale, fonds Buridan. Quaestiones et decisiones physicales insignium vicorum Alberti de latin, n° 7.226, fol. 126 recto), signalé par Duhem.

(28) Cardan. De la Subtilité, p. 48 verso. C'est aussi l'opinion de Bernardino Baldi, (commentaire in libros de Caelo II 6, p. 150).

ment de l'air « qui, comme il est mouvé, est fait plus valide ». De même pour Tartaglia le second coup de canon porte plus loin que le premier, parce que l'air a déjà été ébranlé et pénétré²⁹. Cette idée de l'accélération des projectiles venait sans doute chez Aristote de ce qu'il expliquait l'accélération de la pesanteur par le mouvement de l'air : la même explication devait convenir quel que soit le sens du mouvement. Si c'est l'air qui fait le mouvement du projectile, il est naturel de penser que, les couches d'air succédant aux couches d'air, et leur action s'additionnant, le mobile doit acquérir, du moins au début, de plus en plus de vitesse³⁰.

Ce qu'il y a de curieux dans cette histoire, c'est qu'Aristote a déduit cette idée d'une conception a priori; cette déduction étant faite, l'idée accréditée par l'autorité du Maître, s'est imposée comme un fait; et la source de cette conception étant oubliée, pendant deux mille ans, on s'est évertué à trouver des explications ingénieuses à ce prétendu fait qui n'a jamais existé que dans l'imagination d'Aristote; c'est, au fond, l'histoire de la « dent d'or » de Fontenelle.

Attitude mixte

de Léonard de Vinci

Léonard de Vinci accepte le fait comme certain. Est-ce de sa part une concession à l'aristotélisme ? Peut-être Léonard établit une cote mal taillée entre la doctrine de l'élan moteur et l'aristotélisme ; la continuation du mouvement, son ralentissement et sa mort s'expliquent par l'élan; l'accélération s'explique, Léonard le concède³¹, par la réaction de l'air « Le milieu de chemin direct fait par les corps pesants qui traversent l'air par un mouvement puissant est de plus grande percussio sur l'obstacle qu'il rencontre, qu'aucune autre

(29) Tartaglia *quesiti e inventioni diverse*, cité par Duhem.

(30) Cf. Albert de Saxe, (*Quaestiones...* VIII 13). Mais Gaétan de Tiène nie cette accélération.

(31) Mss. fol. 130, cité par Duhem, *op. cit.* p. 128 ssq.

partie de ce parcours ».....car « le poids chasse l'air »....., cet air, étant donc poussé « en pousse et chasse d'autre », en produisant derrière lui des mouvements circulaires; l'air ambiant se trouve donc « préparé » au mouvement et « offre moins de résistance »³². Dans cette cote mal taillée, on serait tenté de voir presque une malice : Léonard garde pour lui l'explication du fait réel et laisse aux péripatéticiens l'honneur et la consolation d'expliquer le fait imaginaire. Mais il n'est pas sûr qu'il l'ait considéré comme imaginaire. Baldi, qui l'a plagié, accepte le fait comme certain. Et d'ailleurs, remarquons-le, cette idée d'une accélération ne répugne nullement à la doctrine vitaliste de l'élan, et Léonard de Vinci a pu être abusé de très bonne foi; qu'y a-t-il d'extraordinaire à ce que l'élan qui est une sorte de vie, grandisse, atteigne son apogée, sa maturité pour ainsi dire, décline et meure ? C'est le contraire qui ne se concevoit pas ; la métaphore ici, a agi puissamment en dépit de la droite raison, en dépit de l'expérience. Au surplus, cela montre combien nous sommes encore loin de la conception cartésienne de l'inertie.

La persistance du mouvement

circulaire.

Antécédents :

A. — Aristote

Ce que l'on commence à admettre au moyen-âge, c'est la persistance du mouvement circulaire. Cela est un héritage d'Aristote. Celui-ci, on le sait, considérait ce mouvement comme le plus beau, le plus parfait et surtout comme ayant l'avantage de pouvoir se poursuivre indéfiniment sans se heurter à l'obstacle que les bornes de l'espace opposent à la continuation du mouvement rectiligne³³. Le mouvement circulaire donc *peut* se continuer indéfiniment; de là à dire

(32) Manuscrit fol. 130, cité par Duhem.

(33) Aristote φυσικη ἀκροασις VIII, ch. 8 et 8. — Περὶ τοῦ οὐρανοῦ I ch. 6 et 9. Cette opinion remonte d'ailleurs à Platon (Timée 34, éd. Didot p. 207).

qu'il le *doit*, il n'y a qu'un pas, et ce pas est vite franchi; la persistance du mouvement circulaire est affirmée dans les

B) Les questions mécaniques

« questions mécaniques » ouvrage attribué à Aristote, et qui est, en réalité, d'un aristotélicien indépendant mais très près de la pensée du Maître. Dans tous les cas les anciens sont d'accord pour mettre le mouvement circulaire « hors de pair »; ils le considèrent, sinon comme perpétuel, du moins comme irrésistible : c'est ce qui exprime un passage souvent cité et en général mal compris de Plutarque dans un opuscule sur le « Visage de la Lune »³³. Pourquoi l'astre des nuits ne tombe-t-il pas sur le sol? Plusieurs ont interprété

C) Plutarque et le mouvement de la lune

le passage de Plutarque, comme s'il parlait d'une composition de l'inertie avec la pesanteur³⁴. Plutarque n'y songe nullement : il dit que, pareil au tournoiement de la fronde qui empêche la pierre de tomber, la lune n'est pas entraînée par son poids « dont le potentiel est balayé³⁵ par le mouvement de révolution ». Le mouvement circulaire emporte tout de sa puissance irrésistible; mais il est une cause non un effet de la persistance du mouvement; il brise ou bouscule l'obstacle de la pesanteur, et si la lune n'avait pas de poids, il se produirait ni plus ni moins. Plutarque est donc encore loin de nos idées modernes.

D) Le mouvement des sphères célestes

Quoi qu'il en soit, à travers tout le moyen-âge, cette idée

(34) Plutarque *Περὶ τοῦ ἐμφαινόμενου προσώπου τῷ κυκλῷ τῆς σελήνης* § C 2 Meyerson. — Identité et réalité, appendice p. 416.

(35) Duhem. *La théorie physique*. p. 410.

(36) En grec ; *Διο τὴν σελήνην οὐκ ἄγει τὸ βάρος ὑπο τῆς περιφοράς τὴν ῥόπην ἐκκρουόμενον* (*ἐκκρουόμενον* = balayé, bouscule, le terme est très énergique).

de la perpétuité du mouvement circulaire persiste, et elle se prolonge jusque chez Galilée³⁵. Elle est d'ailleurs entretenue par le spectacle des astres qui tournent éternellement autour de nos têtes; on imagine que s'ils ne s'arrêtent pas, c'est qu'il y a dans la forme circulaire du mouvement, une vertu inhérente à cette forme qui en assure la perpétuité. Issue d'Aristote, cette idée n'en sert pas moins à le combattre, puisque si ce mouvement est perpétuel par lui-même, point n'est besoin de supposer une action continuelle de Dieu pour expliquer le mouvement des sphères célestes; il suffit que Dieu ait donné une impulsion initiale. Nicolas de Cuse est amené à soutenir cette opinion.

Nicolas de Cuse

Il faut insister un peu sur ce Nicolas de Cuse³⁶. Nicolas est né à Cuse-sur-Moselle : la douce et sauvage rivière qui serpente au milieu des forêts, aimée des poètes et chantée par eux, a-t-elle aussi inspiré le philosophe? Les vapeurs qui s'exhalent de sa surface lui ont-elles suggéré son rêve panthéiste. Dans tous les cas, ce fils de pêcheurs de la Moselle occupe toutes les avenues de la pensée moderne : prêtre suspect d'hérésie, il devance Luther. En représentant l'absolu comme transcendant aux catégories logiques, il devance l'intuitionisme et il renouvelle les idées d'Héraclite du Pont et d'Aristarque de Samos et annonce Copernic. Les « Entretiens sur les éléments statistiques » contiennent des vues précieuses qui se retrouvent dans les « entretiens sur le mouvement des graves » de Galilée. Et l'importance qu'il attribue à la balance et à la pesée font déjà un peu prévoir Lavoisier. L'âme de Nicolas de Cuse est éprise d'ineffable, d'infini, d'éternel. Aussi ne répugne-t-il nullement à admettre l'éternité du mouvement « Si une boule absolument ronde tournait sur une planche absolument lisse », ce mouvement, s'il était naturel, durerait

(37) Voir plus loin.

(38) A consulter : Rosenberger : *Geschichte der Physik*, Tome I, p. 106-108. — Bréhier, op. cit. Tome I, fascicule III, p. 745 ssq.

éternellement comme celui de la sphère ultime du ciel « sans violence ni fatigue »³⁷. Ce qui est précieux et vraiment remar-

Portée de l'idée précédente

quable dans cette conception de Nicolas de Cuse; ce n'est pas l'idée de la perpétuité du mouvement; d'autres l'ont vue avant lui; de plus, notre auteur ne parle que du mouvement circulaire. Enfin et surtout nous verrons que ce n'est pas du tout en ajoutant « perpétuel » et « indéfini » au mot mouvement qu'on obtient le principe d'inertie. (Ce principe d'inertie résulte d'une réflexion non sur la fin d'un mouvement mais sur son *origine*. Il s'agit moins de montrer que l'« élan » est éternel et sans fin que de montrer qu'il est *partout*). Ce qu'il y a de hardi et de précieux c'est cette affirmation toute moderne que les mouvements des orbes célestes ont leur équivalent dans le mouvement d'ici-bas, et réciproquement. Le moyen-âge avait mis entre la terre et le ciel une distance petite quantitativement, énorme qualitativement; la science moderne fera l'inverse; elle reculera les astres à des distances infinies, et elle dira, par contre : « ils sont, eux aussi, matériels comme des roches terrestres et soumis aux mêmes lois; et, ajoute Kepler : « nous aussi, c'est dans le ciel que nous sommes et que nous nous mouvons, avec les corps qui nous entourent »³⁸. C'est en ce sens que Nicolas de Cuse est un précurseur, et, avec Copernic, le plus grand.

La science va, en effet, dilater le monde et faire « effondrer des cieux la voûte dérisoire ». Elle va reculer les astres à des distances énormes; mais elle ne mettra plus entre la Terre et les astres cette dissemblance qu'on y mettait jadis. Les planètes sont des Terres. La Terre est une planète; elle est, elle aussi, un morceau de l'Infini.

(39) Nicolas de Cuse. De docto ignorantia, cité par Meyerson, *Identité et Réalité*, p. 100.

(40) Kepler d'ailleurs ne semble nullement avoir eu l'idée de l'inertie. Ce qui a trompé nombre d'auteurs à cet égard, c'est qu'il emploie très souvent le mot « inertia »; mais il l'emploie dans le sens de « tarditas », (tendance à l'immobilité). Cf. Meyerson, *op. cit.* p. 424.

Conclusion du chapitre

En somme, le Moyen-âge n'a pas fait avancer la question. Cependant il serait injuste de nier son influence : cette influence est négative, destructive, mais elle n'est pas nulle. Le moyen-âge est un élève d'Aristote; mais c'est un mauvais élève, un élève qui regimbe ou ruse avec le Maître; et c'est tant mieux; lorsque Galilée viendra, il ne trouvera pas, à proprement parler, dans ses innombrables devanciers une assise solide à sa doctrine, mais il trouvera, un peu partout, un esprit d'indépendance et de mutinerie, dissimulé, mais latent, où il puisera l'exemple et le soutien pour les suprêmes audaces.

CHAPITRE III

LES TEMPS MODERNES

Galilée et Descartes ¹.

La Relativité

L'idée essentielle qui domine la physique des temps modernes est l'idée de relativité : « il est difficile de contrôler directement par l'expérience un changement auquel on participe soi-même ». C'est là l'idée libératrice et féconde qui surgit avec Copernic, Galilée et Descartes. De sorte que la pensée moderne a libéré l'esprit non seulement du joug d'Aristote, mais encore de l'asservissement à l'expérience; sans doute, la science est devenu de plus en plus attentive aux apparences; mais attentif veut dire défiant. Toute la pensée du moyen-âge, dans la mesure où elle se libère de l'Autorité, se résume dans cette formule qui clot le débat : « ceci (ou cela) est vrai; c'est un *fait* ». Par exemple la légèreté de certains corps est une réalité puisque l'apparence nous la montre; l'immobilité de la terre est une réalité puisque l'expérience la prouve » etc... En réalité, l'expérience ne nous montre rien de tout cela; elle nous montre que tel corps, par exemple, une plume, est léger par rapport à l'air ou que la terre est immobile par rapport à nous, mais rien de plus. Et l'esprit, renonçant dès lors à toute preuve expérimentale directe, s'orientera de plus en plus vers les preuves expérimentales *indirectes*, c'est-à-dire

(1) Ouvrages généraux consultés : Rosenberger : *Geschichte der Physik*, Band II. — Bréhier : *Histoire de la philosophie*, Tome II, fascicule 1. — Aldo Mieli *Gli scienziati italiani*, Libreria Leonardo de Vinci, Rome. — Galilée : *Œuvres complètes*, édit. Alberi, 13 volumes. — Descartes : *Œuvres*, éd. Adam et Tamery, 15 vol. — Meyerson : *Identité et Réalité*, p. 99 ssq. 114 ssq.

celles qui, par des artifices appropriés, éludent sa difficulté que crée la relativité essentielle.

Héliocentrisme et inertie

Or, cette idée de relativité nous est venue de l'Astronomie elle est descendue du ciel sur la Terre. Ce que nous nous proposons de montrer, c'est l'influence de la conception de l'inertie. C'est elle que nous allons mettre en lumière : à mesure que Galilée *s'enfonce davantage dans les idées coperniciennes, il a un sentiment de plus en plus vif de l'inertie et il en donne des formules de plus en plus nettes*. Nul ne nie qu'entre l'hypothèse héliocentrique et la loi d'inertie, il n'y ait un rapport de dépendance étroit. Seulement d'ordinaire on fait de la découverte de l'inertie, la cause de l'affermissement de l'héliocentrisme²; pour nous, elle en est l'effet ; la raison d'abord, les faits ensuite, le prouvent.

Position psychologique du problème

On serait tenté de dire : « la loi d'inertie s'obtient tout simplement en ajoutant à la formule de la « vertu imprimée » le mot « indéfiniment » ; en disant par exemple : « tout projectile acquiert, du fait de l'impulsion initiale, un élan indéfini et éternel ». Puis, pour rejoindre les faits, on imaginerait des résistances qui ralentissent cet élan. Tous les historiens de la loi d'inertie, faisant, par exemple d'Albert de Saxe, un précurseur de Galilée, relatent de cette façon les étapes de la « découverte ». Mais, elle s'est produite tout autrement.

A priori, nous soutenons qu'avant d'ajouter ce mot « indéfiniment », il a fallu d'abord supprimer quelque chose. Certes, la loi d'inertie implique que nous supprimons par la pensée le *terme* du mouvement ; mais on ne réfléchit pas assez que si

(2) C'est l'opinion notamment de Rosenberger, (Geschichte der Physik, Tome I, p. 48), et de Meyerson, (Identité et Réalité, p. 99). A propos des rapports généraux entre les progrès de l'astronomie et ceux de la mécanique, relire les admirables pages de Poincaré dans « la valeur de la Science ».

elle supprime le terme, c'est parce qu'elle en a d'abord effacé le commencement. Un mobile se meut avec une certaine vitesse au temps t . Pourquoi? Par suite de la réaction du milieu dira l'Antiquité. Par suite de l'impulsion initiale dira le moyen-âge. Or, l'un et l'autre est faux; il se meut ainsi pour cette simple raison que dans l'instant qui a immédiatement précédé il se mouvait de la même façon. Le problème psychologique de la découverte se posait donc en ces termes : « *Comment amener l'esprit à se concentrer sur une expérience où la raison suffisante de l'existence d'un mouvement dans un mobile réside toute entière dans l'existence à l'instant qui précède, d'un mouvement identique dans ce même mobile.* »

L'effacement du propulseur

Ce qui gâtait tout chez les vieux physiciens, c'était la considération du propulseur : le progrès décisif de la pensée est produit par le coup d'état qui supprime ce propulseur initial, en efface jusqu'à l'ombre, et qui fait trouver sa raison nécessaire et suffisante du mouvement du mobile au temps t' dans son mouvement au temps t qui l'a immédiatement précédé. A posteriori, l'histoire de la découverte nous montre que c'est très effectivement la marche que l'esprit a suivie ; le processus par lequel l'esprit est indirect et émane d'une réflexion sur *les conditions d'existence d'un mouvement dont la pensée supprime à la fois l'origine et le terme et qu'elle intercepte dans un moment très court de sa durée.*

L'analyse du mouvement du projectile

Il est d'ailleurs visible que l'addition du mot « indéfini » au mot « élan », ne résoudrait nullement les difficultés expérimentales; la pierre lancée horizontalement retombe en infléchissant sa trajectoire qui devient une courbe. Comment expliquer cela? Vous « composerez » sans doute l'élan imprimé à la pierre avec une autre force, la pesanteur. Mais vous avez beau ajouter au mot « vertu imprimée » le mot « indéfini-

ment », vous ne résolvez pas du tout la question; ces deux forces unies vont se composer et la trajectoire initiale sera déviée, soit; mais on ne voit pas du tout comment il peut en résulter une trajectoire courbe. La résultante des deux forces rectilignes est une droite. En ajoutant « indéfini » nous n'avons réussi qu'à nous mettre davantage en contradiction avec les faits³. N'est-il pas plus naturel alors, de dire en employant les termes d'Albert de Saxe, de L. de Vinci, de Galilée lui-même, au début de sa carrière que cette vertu imprimée défaille, la pesanteur moins contrariée acquiert de plus en plus d'emprise? Et nous voici repris par la chimère de cette « vertu » scolastique, puissance mystérieuse et fugace, ardente et vite dissipée.

La conception de l'instantané

On objectera, il est vrai, que ma démonstration est un sophisme, que la force de la pesanteur se compose non avec la vitesse initiale du projectile, mais avec sa vitesse *acquise* à chaque instant envisagé. C'est exact; mais c'est précisément le point psychologiquement délicat : il faut qu'à chaque instant notre réflexion, courant le long de la ligne parcourue, supprime tout le passé qui n'est pas immédiatement passé. Mais cela, aucun phénomène terrestre intéressant notre vouloir vivre ne pouvait directement en suggérer l'idée. Il fallait se placer sur un autre plan, le plan du Surhumain.

Le schéma de la découverte

C'est en effet l'étude de l'Astronomie et les méditations sur le Copernicisme qui font cristalliser la loi d'inertie. La marche de sa pensée est nette, expresse et à peu près identique dans tous les auteurs et dans tous les ouvrages où la loi est enfin formulée, que ce soit dans ceux de Galilée ou de Descartes, que ce soit le traité sur les taches de la lune, le

(3) Sans compter toutes les difficultés qu'entraîne l'introduction de l'Infini. (Voir plus haut).

Dialogue sur les plus grands systèmes du monde ou les Principia Philosophiae. Cette marche se fait en trois temps :

1° L'affirmation de l'héliocentrisme entraîne l'affirmation du mouvement de la terre;

2° L'affirmation du mouvement de la terre, réfléchie sur les « objections physiques » de Ptolémée, éveille le sentiment de la relativité ;

3° Le sentiment de la relativité projeté sur l'expérience immédiate entraîne et précise la conception d'une loi d'inertie⁴.

Evidemment, ce n'est là qu'un schéma : tantôt ces trois points sont longuement, copieusement explicités, comme dans le Dialogue, tantôt ils sont condensés avec des ellipses dans le développement et des chainons sous-entendus qu'il faut suppléer. D'autres fois, l'auteur revenant sur sa propre pensée défait l'ordre chronologique pour y substituer un autre logique — et c'est ce qui rend cette étude si difficile.

Galilée

Quelle est l'attitude de Galilée vers 1600 en face du problème astronomique? Un mot peut la caractériser : elle est hésitante et angoissée : d'un côté Galilée adhère au Copernicisme; il écrit à Kepler qu'il a, depuis longtemps, (*multis annis*), embrassé cette doctrine et qu'il a écrit là-dessus un traité qu'il hésitait à publier, craignant la risée des sots⁵, ainsi Galilée en 1597 avait déjà dans ses tiroirs, du moins à l'état embryonnaire, l'œuvre capitale qui devait plus tard l'illustrer et aussi lui attirer tant d'orages. Néanmoins Galilée n'avait pas fait profession de Copernicisme à Padoue et il ne l'avait pas enseigné « *privata mente* » ; le traité « de la Sphère » dont on a nié à tort l'authenticité et qui est un recueil de notes en vue de ses cours, est complètement conforme à la doctrine Ptoléméenne⁶. Prudence imposée par les circonstances, dira-

(4) Nous nous trouvons ici en conformité de vue avec Tannery. (Galilée et les principes de la dynamique. Revue générale des Sciences, 1901, p. 333). Nous n'avions pas encore lu cet article au moment où notre présent essai était achevé dans ses grandes lignes.

(5) Aldo Miceli, p. 251.

t-on ? Mais en quoi les circonstances imposaient-elles la prudence à cette date plus impérieusement qu'en 1636 ? Elles l'imposaient même beaucoup moins puisque le Saint-Office n'avait encore prononcé aucune condamnation formelle contre les œuvres de Copernic⁷ ?

Ses Hésitations

Pourquoi veut-on qu'il n'y ait dans les hésitations de Descartes ou de Galilée que prudence, dissimulation, hypocrisie ? Pourquoi ces hésitations ne seraient-elles pas en partie sincères et dans le cœur même de ces auteurs ? Certes le système de Copernic est séduisant ; au point de vue astronomique il a l'air de rendre compte de toutes les apparences. Mais il n'en reste pas moins contre lui les objections physiques de Ptolémée. Ces objections sont enfantines ? En attendant elles s'imposent à l'esprit par leur évidence apparente, et la réponse qu'il convient d'y faire est difficile à concevoir, plus difficile encore à formuler. Croit-on que le mot de l'énigme ait jailli du premier coup dans le cerveau de Galilée ? La lecture du « *De motu* » nous avertit que non : et Galilée n'est nullement à ce moment en possession de tous ses moyens de combat : il cherche encore. Et puis il y a les scrupules religieux : nous ignorons dans quelle mesure Galilée était croyant mais rien ne prouve qu'il fut athée et antireligieux ; on ne voit même pas chez lui la raideur déférente qu'on observe chez Descartes ; il est bien en cour, en relations avec les hauts dignitaires de l'Eglise et, jusqu'à l'orage de 1632, protégé par eux, conseillé par eux⁸. Lorsque le Saint-Office manœuvré par les aristoteliens lui intenta le procès légendaire, Galilée propose d'écrire une réfutation du Copernicisme⁹. Est-ce simplement par affolement ? Ne songeait-il qu'à lui, ne songeait-il pas à tous les hauts ecclésiastiques qui l'avaient honoré de leurs bontés et qu'il décevait et qu'il compromettait ?

(6) Ibid.

(7) Duhem. La théorie physique de Platon à Galilée, p. 124. Franch dictionnaire des sciences philosophiques, p. 572.

(8) Duhem, op. cit. p. 124 ssq.

(9) Aldo Miceli, op. cit. p. 258.

Mentalité de Galilée

Il importe ici de bien nous représenter la véritable figure de Galilée. Galilée en même temps que savant est un écrivain : il n'écrit pas pour les doctes mais pour les gens du monde. Galilée est un grand seigneur, un homme du monde, un artiste. De plus cet italien souple et insinuant cherche à séduire le lecteur plus qu'à le convaincre : partant de préjugés communs, usant et abusant du vocabulaire de l'Ecole, sa démonstration s'enroule autour de l'objet, le circonscrit, l'enserme de plus en plus étroitement. Cette continuelle tactique d'enveloppement, servie par une faconde toute méridionale, nous fait quelquefois regretter la brève et sèche rectitude de Descartes. On a reproché aux développements de Galilée d'être longs et verbeux ; mais il faut remarquer qu'il s'agit moins pour lui d'une démonstration que d'une initiation : aucun raisonnement n'est pleinement convaincant, et les philosophes de l'Ecole ont tellement abusé des raisonnements ! Aucune expérience n'est décisive : l'expérience est la meilleure et la pire des choses. Il faut donc enrouler la pensée aux faits et les faits à la pensée : ou mieux il faut essayer dans la vision que nous avons des choses créées de nouvelles habitudes de pensée. Mais d'abord il faut, pour cela, créer une nouvelle langue.

Le De Motu gravium

Galilée écrivit le dialogue « sur le mouvement des graves ». A cette époque il n'a pas pris parti pour Copernic, il enseigne encore la doctrine de Ptolémée¹⁰. A-t-il conçu l'idée de l'inertie ? Les pages consacrées aux mouvements des projectiles vont nous donner une réponse à cette question. Certes, Galilée a nettement rompu avec l'aristotélisme : il ne croit pas que ce soit le milieu qui entraîne la flèche au sortir de l'arc, et il réédite à ce propos tous les arguments que nous connaissons déjà et qui probablement étaient classiques¹¹. 1°

(10) Voir plus haut.

(11) Galilée, Œuvres édit. Alberi. Tome XI, p. 13-18.

Si le mobile était mû par le milieu, il se mouvrait du même côté que lui; or, nous voyons souvent le contraire : le projectile peut très bien aller contre le vent : un flotteur suspendu par un fil à la poupe d'un bateau, va en sens inverse de ce bateau : Alors, l'eau capable d'entraîner le bateau serait incapable d'entraîner le flotteur; 2° une boule de fer et une boule d'étoffe lancées par le même canon ne vont pas à des distances égales. L'air meut-il plus difficilement l'étoffe que le fer? 3° un projectile mince va plus loin qu'un projectile épais et pourtant il est en contact avec moins d'air mouvant; 4° si l'air se meut pour remplir la partie laissée vide par le mobile, pourquoi le mobile lui-même, pour la même raison, ne reculerait-il pas afin de remplir le vide? Enfin une sphère sur son axe tourne très longtemps après avoir reçu l'impulsion : comment admettre que l'air afflue pour remplacer les parties vides puisque l'air ne change pas de place?

**Le recours
à la « Vertu imprimée »**

Donc, ce n'est pas le milieu qui meut le projectile. Alors qu'est-ce qui le meut? Une « vertu imprimée » (*virtus impressa*); qu'est-ce que cette vertu? Mystère. (*Quid auctor sit iste virtus nobis absconditum esse*¹²).

En somme qu'y a-t-il de plus dans le « *De motu gravium* » que dans Albert de Saxe et dans Nicolas de Cuse ? On serait tenté de répondre : rien; les arguments invoqués se trouvent déjà chez ces auteurs avec les mêmes lambeaux de vérité et avec les mêmes erreurs; les exemples concrets se ressemblent étrangement ; Galilée les a à peine démarqués ; c'est tout juste s'il change les mots. Galilée croit comme Albert de Saxe à une « vertu imprimée ». Il en fait, lui aussi, une sorte de tension et de vie; il faut un cas exceptionnel pour qu'elle demeure éternellement, et encore il n'en est pas sûr¹³ : dans le cas général elle « se relâche » continuellement, et au bout

(12) Ibid. p. 18.

(13) Ibid. p. 17.

d'un certain temps, elle « meurt¹⁴ » en vertu d'une « tardivité » intrinsèque. Seule, une boule au centre du monde animée d'un mouvement naturel, se mouvrait peut-être éternellement. Et Galilée s'empresse d'ajouter : « J'ai dit « peut-être » parce que « cette éternité de mouvement répugne à la nature de la Terre elle-même à qui le repos est plus agréable que le mouvement¹⁵ ». Comme nous sommes encore loin de la loi d'inertie !

L'issue entrevue

Et pourtant, déjà, la théorie des projectiles prend un accent nouveau, non pas par ce qu'elle contient (car Galilée ne fait que répéter ses devanciers) mais par le reflet qu'elle reçoit des idées circumvoisines auxquelles elle est intégrée. Le centre d'intérêt de l'ouvrage est la distinction entre les corps légers et les corps lourds. Fidèle à sa tactique, Galilée semble tout d'abord admettre cette distinction et raser de très près la doctrine aristotélicienne; puis on s'aperçoit tout à coup d'un petit changement, si petit qu'il échappe à un lecteur inattentif; au lieu de « légers » Galilée écrit « plus légers » (*leviora*), au lieu de « lourds », « plus lourds » (*graviora*); cela n'a l'air de rien et cela est tout; toute la science moderne est en germe dans l'introduction de ce comparatif; car Galilée en tire soudain une conclusion inattendue, quoi que virtuellement admise. Y a-t-il des corps *légers*¹⁶, par exemple l'air, le feu, la plume qui vole? Oui et non : il y a des corps plus légers que d'autres, c'est-à-dire moins lourds; mais tous les corps dans la nature sont lourds *plus* ou *moins*; si au lieu d'habiter l'air, nous habitions au sein des eaux ou dans le feu, nous n'appellerions pas « légers » les mêmes corps. Il n'y a pas de corps qui aient naturellement une tendance à monter: s'ils montent, c'est parce qu'ils sont légers par rapport à l'air, à l'eau, bref au milieu : s'ils montent, c'est qu'ils font partie d'un système (comme une balance) où la

(14) Ibid. p. 50.

(15) Ibid. p. 18.

(16) Ibid. p. 18 ssq.

descente de la partie la plus lourde entraîne par nécessité logique, la montée de la partie la moins lourde, quoiqu'elle soit lourde aussi.

L'idée de " l'indifférence "

Ainsi, c'en est fait : la vieille scolastique s'effondre. Et elle s'effondre devant l'idée de relativité : elle avait admis, hypostasié la légèreté, et cette idée n'est plus ! L'introduction de la relativité défaisant la dualité aristotélicienne, fantaisiste et anthropomorphique, introduit dans l'esprit une simplicité hardie dans cette affirmation décisive : *il n'y a que des corps graves*. Il n'y a donc pas de « vertu » gravifique car toute vertu suppose l'existence de son contraire, et la gravité n'a pas de contraire. Alors la « vertu imprimée » des projectiles ne serait-elle pas elle aussi une chimère que la Relativité fera s'envoler ? Nous rejoignons ainsi le problème que Galilée, soit timidité, soit ignorance, avait si gauchement résolu : celui des projectiles. La difficulté est la même ; le même genre d'évidences apparentes barre le chemin à la vérité : ce qui débloquera la voie, c'est encore la relativité. L'idée à laquelle il faudra arriver en fin de compte, est celle-ci : Il n'y a aucun corps que nous puissions déclarer *au repos*, et aucun que nous puissions déclarer en mouvement. Tout ce que nos sens aidé de notre intelligence permettent d'affirmer, c'est la *différence* de vitesse qui existe entre un corps et un autre corps, dont nous ignorons d'ailleurs les vitesses absolues. L'idée ne tardera pas à surgir.

Les évènements décisifs

Elle ne tardera pas parce que des évènements décisifs se produisent, évènements qui vont dissiper les derniers doutes de l'astronomie et par voie de conséquence balayer les hésitations des physiciens. L'hypothèse de Copernic en effet reçoit un appoint formidable de deux grandes découvertes, dues à l'invention du télescope, celle des phases de Vénus et celle des satellites de Jupiter, cette dernière faite

par Galilée lui-même. Ajoutons-y celle du mouvement régulier des taches du soleil¹⁷.

Si, comme le voulait Copernic, la terre est une planète, il s'ensuit que les planètes elles-mêmes sont des terres : elles n'ont pas de lumière propre; elles réfléchissent celle qu'elles reçoivent du Soleil et elles doivent la réfléchir différemment suivant leurs positions respectives vis-à-vis de lui, et par conséquent présenter des « phases » comme la lune. Or le télescope permit effectivement de constater ces phases. Si les planètes sont des terres, elles peuvent avoir une lune ou plusieurs qui tournent autour d'elles. Le télescope confirme cette idée et Galilée en 1610, le premier, vit sur l'objectif les satellites de Jupiter à qui il donna le nom de « planètes de Médicis ». La découverte fut confirmée par Kepler et estampillée par les mathématiciens du « Collège Romain » en novembre 1610¹⁸. L'Europe entière s'émut de cette découverte¹⁹.

La " lettre sur les taches du Soleil "

Or, c'est précisément trois ans après que Galilée énonce expressément et explicitement la loi d'inertie et il l'énonce à propos d'une observation astronomique : ce document a été ignoré jusqu'à la publication faite par M. Aldo Mieli²⁰. Il s'agit d'une lettre à Marco Velser destinée d'ailleurs à la publication où Galilée traite des taches du soleil récemment découvertes. Ces taches tournent d'un mouvement régulier autour du soleil. Fallait-il en conclure qu'elles sont adhérentes à l'astre et que celui-ci tourne autour de lui-même? Ou sont-elles entraînées par le milieu? Galilée argumente fortement en faveur de la première hypothèse. Puis, ces prémisses posées, Galilée s'enquiert des causes du mouvement et il raisonne ainsi : il y a des mouvements pour les-

(17) Aldo Mieli, op. cit. p. 259.

(18) Ibid.

(19) Descartes, édit. Adam et Tannery. Tome I, p. 29.

(20) Aldo Mieli, op. cit. p. 256.

quels certains corps ont une inclinaison naturelle (par exemple le mouvement des graves vers le bas), il y a des mouvements auxquels ils répugnent (par exemple celui des graves vers le haut), et enfin il y a des mouvements auxquels ils sont *indifférents* comme le mouvement horizontal pour les graves. Par conséquent « étant écartés tous les obstacles externes, un grave sera indifférent au repos et au mouvement vers n'importe quel point de l'horizon et il se conservera dans l'état où il sera placé : en repos, il restera en repos, en mouvement, il restera en mouvement.... Un bateau une fois qu'il a reçu une impulsion à travers une mer tranquille tournerait à l'entour de notre globe *sans s'arrêter jamais* et mis en repos se reposerait *éternellement* si, dans le premier cas, tous les obstacles extérieurs pouvaient être écartés et si dans le second quelque cause motrice ne se rencontrait²¹.

Le drame intime de la pensée de Galilée

Pour la première fois au monde, la loi d'inertie était énoncée. Mais cette loi, en réalité, aurait dû s'appeler la loi « d'indifférence ». L'idée qui s'impose à Galilée à cette époque, c'est l'idée qu'une fois les énergies extérieures au mobile écartées il n'y a pas de différence (*indifferencia: non differentia*) entre le repos et le mouvement, c'est l'idée de la relativité. Cette idée, Galilée l'avait probablement conçue et mûrie lentement depuis le jour où il avait réfléchi sur les objections ptoléméennes contre l'héliocentrisme : elle était l'une des pièces du vaste ouvrage qu'il méditait depuis l'éveil de sa pensée dont il parlait déjà à Képler en 1597, qu'il mûrissait dans le silence, qui devait paraître en 1632 et attirer sur la tête de son auteur un si formidable orage. Cet ouvrage, on le sait, c'est les *Dialoghi dei Massimi sistemi del Mundo* ; il exprime la vie même de Galilée et le drame intime de sa pensée.

(21) Aldo Mieli, *ibid.*

Les Dialoghi dei Massimi sistemi

Avant d'ouvrir le livre²², nous savions les idées que nous y trouverions, et l'ordre dans lequel nous les trouverions : nous le savions parce qu'une étude préalable des antécédents nous avaient convaincus que toutes les autres voies étaient bloquées : la lecture de l'ouvrage n'a fait que confirmer point par point nos anticipations. La loi d'inertie y est formulée *à son heure* et là où nous l'attendions.

Les objections ptoléméennes

Les trois interlocuteurs du Dialogue sont Simplicio qui représente la doctrine péripatéticienne et ptoléméenne (peut-être du nom de Simplicius, le commentateur d'Aristote), Sagredo et Salviati qui représentent à des degrés divers la pensée moderne. La vérité de la doctrine de Copernic est d'abord établie avec une vigueur irréfutable par des raisons astronomiques. Mais à la « deuxième journée », la doctrine se heurte aux objections physiques de Ptolémée²³ : Simplicio armé de l'autorité du raisonnement et de l'expérience, argumente longuement et avec force. Si la terre avait une conversion diurne, une tour, du haut de laquelle on laisse choir une pierre, portée par le tournolement de la terre pendant le temps que la pierre met à tomber s'enfuierait à plusieurs centaines de brasses à l'orient, et la pierre devrait tomber loin du pied de la tour et que l'expérience dément. Un boulet lancé par un canon dressé perpendiculairement à l'horizon tomberait loin de l'affût, et plus précisément à une distance de l'affût égale au chemin que la terre aurait parcouru pendant sa course à travers l'espace. Ce que l'expérience dément. En lançant avec une coulevrine un boulet vers le levant et un autre avec les mêmes angles de site

(22) Galilée. Œuvres. Edit. Alberi. Tome I. Les dialogues s'étendent sur 4 journées. Nous n'avons à nous occuper que de la seconde.

(23) Galilée, op. cit. p. 140.

vers le couchant, le tir vers l'ouest devrait avoir beaucoup plus de portée que celui vers l'est, ce que l'expérience démontre. La pièce est donc immobile et par conséquent la terre

La question décisive

aussi. L'aristotelicien triomphe : Salviati manifeste quelque embarras et il s'en tire d'une façon d'abord assez piteuse en pataugeant dans la distinction des « mouvements naturels » et des mouvements violents²⁴ ; puis reprenant tout d'un coup l'offensive, il demande à son adversaire où tomberait, sur le navire en marche, une pierre lancée du haut du mât²⁵. C'est au tour de Simplicio d'être embarrassé ; moment décisif de la pensée humaine : *la constatation de la chute verticale d'un corps n'est d'aucune utilité pour décider si le lieu d'où il a été lancé est en mouvement ou au repos* : quelle que soit la vitesse du navire, la pierre tombera au pied du mât, et voici que s'envole tout espoir d'établir directement par l'expérience la réalité du mouvement ou du repos. Or, la pensée va se fixer, s'hypnotiser sur l'image si décevante, de la pierre lâchée du haut d'un mât. Cette pierre est abandonnée à elle-même, elle est indépendante maintenant de toute la mâture et de tout le bateau ; elle est en quelque sorte désintéressée et cependant, chose mystérieuse, elle se comporte comme si elle lui restait adhérente, comme si elle participait encore à son mouvement, elle reste fidèle à l'impulsion reçue : elle garde la vitesse acquise ; c'est un fait. Evidemment la constatation de ce fait ne va pas sans une certaine stupeur et l'adversaire de Salviati se débat contre l'évidence, tout en avouant qu'il ne sait d'où lui vien-

L'Inertie

nent ces « scrupules ». Alors Salviati donne le dernier coup de cognée : il énonce et démontre soi-disant la loi d'inertie²⁶ ; c'est la démonstration à l'aide de la conception des

(24) Ibid. p. 157.

(25) Ibid. p. 160.

(26) Ibid. p. 162 ssq.

plans inclinés : elle est d'ailleurs faible et captieuse et Salviati lui-même dès le début nous avertit qu'il sera un « maquignon des cerveaux²⁷ » ; mais qu'importe ; qui ne voit que déjà avant cet argument suprême destiné à emporter les dernières résistances et à balayer les derniers scrupules, la partie est déjà gagnée : l'inertie est déjà démontrée : elle est incluse dans la relativité même, cette relativité étrange mais dont il faut bien admettre l'existence à moins de nier les faits.

Récapitulation du débat

Résumons le processus de la pensée dans ce dialogue. Disons mieux, tout le drame de la pensée de Galilée depuis l'origine :

1^{er} Acte. — Question : Ainsi cette pierre lâchée du haut du mât, à l'instant où elle commence à tomber est animée d'une vitesse à la fois formidable et invisible ?

Réponse : Parfaitement, nous ne voyons jamais des vitesses mais des différences de vitesses.

2^e Acte. — Question : Mais d'où lui vient cette vitesse ? Quel est le propulseur ?

Réponse : Aucun ; cette vitesse lui vient tout simplement de ce qu'à l'instant précédent, elle avait cette même vitesse : c'est nécessaire et cela suffit²⁸.

(27) Ibid. p. 161. La démonstration est d'ailleurs difficile à traduire en français, notre langue ne disposant pas des ressources de l'italien et ne possédant pas de mots pour traduire « declivo » et « acclivo ». Galilée dit en somme : une boule lancée sur un plan incliné montant ralentit son mouvement ; sur un plan incliné descendant elle l'accélère ; donc sur un plan incliné horizontal, son mouvement serait uniforme. Mais comme fait observer excellemment M. Meyerson, (op. cit. p. 157), il s'agit là non d'expériences réelles, mais « d'expériences de pensée ». C'est exact. Seulement, M. Meyerson prend la démonstration dans les Dialoghi de Nueve Scienze. Or la démonstration avait été déjà faite dans les Dialoghi dei Massini Sistemi et après avoir invoqué le fait expérimental (réellement expérimental celui-là) qui est à la base de principe d'inertie.

(28) Le principe d'inertie est énoncé de façon plus nette et plus complète dans les Dialoghi de Nuove Scienze de 1638, date à laquelle on fait souvent remonter la première formule de ce principe. Nous avons vu qu'elle est antérieure.

*

* *

Descartes et Galilée

Dans quelle mesure Descartes a-t-il subi l'influence de Galilée? Dans quelle mesure a-t-il travaillé par lui-même? C'est une question délicate que nous ne pouvons résoudre dans ce bref aperçu. Nous nous bornerons à montrer ce qui les sépare. Disons d'abord quelques mots des rapports matériels de Galilée et de Descartes²⁹: dès son enfance, Descartes avait entendu prononcer le nom de l'illustre italien : les bons pères jésuites de la Flèche parlaient avec admiration des « Astres de Médicis³⁰ »; suivant certains auteurs Descartes en passant à Florence en 1625, serait allé rendre visite au célèbre astronome; cela est probablement faux³¹. En revanche, Descartes s'est intéressé, lui aussi, aux taches du soleil dont il cherche une explication, a lu les « *Dialoghi dei massimi sistemi del Mundo* » d'autant mieux que les Elzéviros éditent cet ouvrage en Hollande à l'endroit même où Descartes se trouve à cette date³². En 1633, Descartes avait appris de condamnation de Galilée. Cette condamnation l'émut comme on le sait profondément et le décida à ajourner la publication de son « *Traité du Monde et de la Lumière*³³ ».

Genèse des idées de Descartes

Mais il est beaucoup plus difficile de retracer la genèse des idées de Descartes que celle des idées de Galilée, et cela pour bien des raisons. Il serait intéressant de suivre pas à pas l'influence que l'illustre italien a exercé sur son émule.

(29) A consulter : Descartes : Œuvres complètes, édit. Adam et Tannery. Vol. XII, (Vie de Descartes).

(30) Op. cit. p. 29.

(31) Ibid. p. 30.

(32) Ibid. p. 101.

(33) Descartes. Discours de la Méthode du VI. Lettre de P. Mersenne, éd. Adam-Tannery, p. 270. Cf. ibid. Tome V, p. 550.

Mais la correspondance de Descartes ne nous renseigne pas beaucoup. Certes les allusions à Galilée sont assez nombreuses; mais elles sont courtes, fragmentaires et obscures, mêlées à d'autres questions : Descartes semble admirer son illustre précurseur, il semble aussi faire des réserves et manifeste même quelque jalousie³⁴.

son caractère mystérieux

En ce qui concerne le travail intérieur de la pensée de Descartes nous sommes aussi dans les ténèbres. Descartes ne se livre pas. Son traité du Monde et de la Lumière a été supprimé par lui; nous n'avons réellement sa philosophie de la nature que dans les « Principes » mais ce livre est le fruit d'une très longue méditation, d'un long travail souterrain où la pensée a dû tourner dans mille sens avant d'arriver à son but : il est, a-t-on dit, trop logique pour être chronologique. Et il est surtout « pédagogique ». Comme on l'a fait remarquer, il est destiné à être « un livre de classe³⁵ ». C'est un manuel destiné, dans la pensée de son auteur, à remplacer les anciens manuels scolastiques utilisés dans l'enseignement : il vise à être clair, rien de plus. Nous sommes loin des confidences et des effusions du Discours de la Méthode; aucun livre n'est plus sévère, plus professoral, plus distant. Ajoutons des raisons venant de la tournure d'esprit du philosophe. L'âme de Descartes ne ressemble pas à celle de Galilée. L'enfance de l'illustre florentin avait été enchantée par de belles et lumineuses images : Pise et Florence, la mer, les navires, les palais, les œuvres d'art, les fêtes. Celle de Descartes n'a vu qu'un manoir, une campagne fertile mais un peu triste, les murs gris d'un collège. Plus tard Descartes a voyagé mais ses voyages l'ont plus abstrait du monde qu'ils ne le lui ont fait connaître : « en voyageant, dit Descartes, on devient étranger à son propre pays³⁶ ».

(34) Voir lettres de Descartes à Mersenne, déc. 1638, (édit. Adam et Tannery, p. 166); à M. de Beaune, avril 1639, (ibid. p. 543); à Mersenne, 1639, (ibid. p. 627).

(35) C'est l'expression de M. Adam, op. cit. Tome XII, p. 168.

(36) Discours de la Méthode. chapitre I.

Mais devient-on familier avec les autres pays? Ce continuuel déracinement isole. Tout cela a contribué à faire de Descartes un génie plus abrupt que Galilée. Au feu d'artifice galiléen succède la concentration d'une pensée qui se resserre au lieu de s'éparpiller, qui déduit au lieu d'induire. De plus Descartes est croyant : les conditions « *optima* » de croyance se trouvent chez lui : il n'y a pas chez lui cette exubérance qui fait de la dévotion chez les catholiques italiens, une chose toute extérieure; il n'y a pas non plus cet affranchissement de la pensée que le protestantisme donne aux peuples du Nord. La foi de Descartes est à la fois recueillie et cependant naïve. Nul n'en s'est cru, plus que lui, touché d'une grâce directe de Dieu et investi par Lui d'une sorte de mission. Il avance « masqué » : le but inavoué est de se substituer à Aristote dans le cœur de l'Eglise et revivifier la foi en lui insufflant la Vérité et la Raison³⁷.

“ *Larvatus prodeo* ”

Mais comment dépister le chemin que suit la pensée chez un auteur qui, de son propre aveu, s'avance « masqué? » Descartes déduit; du moins il le dit : et effectivement, l'exposé de sa pensée dans les « Principes » est purement déductif. Il pose d'abord le principe de l'immuabilité divine; il en tire la première loi du mouvement³⁸ (chaque chose demeure à l'état où elle est tant que rien ne change), et la deuxième loi³⁹ (tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite) et il les démontre *a priori* et *a posteriori*. Mais là n'est pas la question : que Descartes très sincèrement fasse découler la loi d'inertie de l'immuabilité de Dieu, cela nous renseigne parfaitement sur la marche *logique* de sa pensée ou plutôt de son exposé mais nullement sur le processus *psychologique* de la découverte. La vérité, c'est que les mots « déduction », « induction », etc.,

(37) Nous adoptons sur ce point les vues si pénétrantes de M. H. Gonhier. (La Pensée religieuse de Descartes, p. 126, *ibid.* p. 192).

(38) Principia Philosophia, livre II. Cf. Descartes, éd. Adam et Tannery XII, 372.

tous les mots par lesquels les logiciens croient caractériser la méthode scientifique ne sont nés qu' « après coup » quand la découverte est déjà faite : le seul mot qui convienne est le mot d' « organisation » : on part du chaos, on arrive à l'ordre et la recette pour y arriver n'est pas encore trouvée.

Encore la relativité

Or, à notre avis, le ressort de ce processus *d'organisation* a été chez Descartes comme chez Galilée, l'idée de la Relativité. Elle a manœuvré le déroulement de sa pensée. Comment en douter puisque cette idée figure chez lui dès la première page du chapitre II des Principes, dans la définition même du mouvement ! Et Descartes, autant et plus que Galilée, s'est trouvé poussé tout d'abord et irrésistiblement vers cette idée : Descartes est savant et croyant. Or, elle sauvegarde en même temps la Raison et la Foi, elle concilie le Copernisme avec l'Eglise. Elle résout les objections ptoléméennes, elles dissout les scrupules des chrétiens. La Terre se meut-elle en dépit de l'écriture sainte ? Question vaine puisque le mouvement se définit par un changement de position « vis-à-vis des corps circumvoisins supposés immobiles » mais rien ne prouve jamais qu'ils le sont, et même la question n'a pas de sens.

La sincérité de Descartes

Les contemporains de Descartes ont vu là une ruse et une hypocrisie « où veut-il en venir, disait Huet⁴⁰, avec ce mouvement défini non par le changement de lien véritable et intrinsèque, comme le demande la droite raison mais par le changement des corps circumvoisins ? On le devine : dans le cas où l'on accuserait d'attribuer le mouvement à la Terre, en la faisant tourner autour du Soleil, il lui serait possible de le nier parce qu'entraîné par ce tourbillon solaire, la Terre n'abandonne pas le voisinage de la matière circumvoisine animée de ce tourbillon... Combien il eut été plus juste et plus convenable à ce philosophe d'agir sincèrement (*candide agere*) et d'appeler « mouvement » le mouvement,

« repos » le repos, au lieu de changer les termes établis par nos ancêtres et de tout bouleverser par une ruse misérable³⁹. M. Ch. Adan, un admirateur de Descartes, en termes moins durs, dit exactement la même chose⁴⁰.

Mais nous n'avons nullement cette impression : non seulement l'idée de la relativité du mouvement n'est pas une « ruse misérable » mais elle est le fond même de la pensée de Descartes ; bien mieux ! Elle est le ressort profond de toute la pensée moderne depuis Galilée. Elle a été dès les premiers jours « complémentaire » des théories astronomiques nouvelles, comblant le vide que créait devant elles les objections ptoléméennes : elle forme la clef de voûte de cet immense édifice. Seulement, il faut reconnaître que nous simplifions ici un peu les choses : cette idée de relativité, tous les savants l'ont admise, mais ils l'ont soutenue plus ou moins mollement ; chez les uns, elle est intégrale ; chez les autres elle s'affaiblit ou ne constitue qu'une sorte de halo plus ou moins trouble autour de l'idée d'inertie ; tous ont gardé l'inertie, forme « minima » de la relativité. Et dans cette idée dominatrice de la pensée moderne, il n'y aurait qu'une « ruse misérable » ?

Conclusion

Galilée et Descartes ont-ils eu des précurseurs ? On a une tendance actuellement à diminuer la part qui revient aux génies créateurs dans l'invention des idées, à faire ressortir ce qu'ils doivent à leurs devanciers, à insinuer qu'ils ont été surtout des « profiteurs ». Le mot « génie » lui-même est suspect de romantisme. Mais pourtant la « coupure » entre la médiocrité et le génie est indéniable, et nous n'en voulons pour preuve que la résistance acharnée à laquelle ces idées nouvelles se sont heurtées à leur apparition et les luttes que leurs promoteurs ont eues à soutenir : la coupure est évidente puisqu'elle saigne. Certes les devanciers dans

(39) Huet *Censura philosophiae cartesianae*. Paris MDCLXXXIX, p. 192.

(40) Descartes. Edit. Adam et Tannery. Vol. XII, p. 374.

la découverte de l'inertie sont innombrables mais le lourd moutonnement des médiocrités ajoutées bout à bout ne fera jamais l'idée de génie ; « cela est d'un autre ordre », dirait Pascal.

Si l'on veut à tout prix que Galilée et Descartes aient un précurseur, ce précurseur, c'est Copernic.

VU, LE 16 JUILLET 1929,
*Le Doyen de la Faculté des Lettres
de l'Université de Paris :*
H. DELACROIX.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER,
Le Recteur de l'Académie de Paris :
S. CHARLETY.

INDICE BIBLIOGRAPHIQUE

I. — OUVRAGES CONCERNANT L'ENSEMBLE DU SUJET.

- ROSENBERGER. — Geschichte der Physik, 3 vol., Brannschweig, 1882.
- WOHLWILL. — Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes. Zeitschrift für der Völkerpsychologie; vol XIV et XV, 1884 (épuisé).
- KURD LASSWITZ. — Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bei Newton, 1 vol., Berlin et Leipzig, 1890.
- DUHEM. — Le système du Monde; histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. 5 vol., librairie scientifique A. Hermann et fils, Paris, 1898.
— Evolution de la mécanique. 1 vol. Paris, Joanin, 1903.
- MILHAUD. — La pensée scientifique chez les Grecs et les modernes. 1 vol., Paris, Société française d'imprimerie et de librairie, 1906.
— Nouvelles études sur la pensée scientifique. Paris, Alcan, 1911.
- BRÉHIER. — Histoire de la philosophie. 4 vol. parus. Paris, Alcan.
- MEYERSON. — Identité et Réalité (chap. III et appendice). 1 vol. Paris, Alcan, 3^e édition, 1926.

II. — OUVRAGES CONCERNANT LES DIFFERENTS POINTS.

A. — *Platon.*

- PLATON. — Edit. Didot. 2 vol, 1846.
— Traduction V. Cousin. 13 vol., Roey, Paris.
— « Schwalbé, 2 vol., Panthéon littéraire, 1845.
- HENRI MARTIN. — Etudes sur le Timée. Paris, Ladrangé, 1841.
- RIVAUD. — Le problème du devenir et la notion de matière dans la philosophie antique. 1 vol., chez Alcan, 1906.
- ROBIN. — La pensée grecque et les origines de l'esprit scientifique. 1 vol., La Renaissance du livre, 1923.

B. — *Aristote.*

- ARISTOTE. — Edit. Firmin Didot. 4 vol, Paris, 1848-1857.
A consulter particulièrement : Physique, livre VIII, ch. 1, 4, 5, 8.
De Cœlo, livre I et II.

- Les 8 livres de la Physique. Edit. Karl Frault, Leipzig, chez Engelmann Teubner, 1854.
- Quaestiones mechanicae. Ed. Van Cappell, Amsterdam, 1812.
- Physique, traduction Barthélemy St-Hilaire, 2 vol., Paris Ladrangé, 1862.

CARTERON. — Physique d'Aristote, livres I à IV, texte et traduction (édition Budée).

MANSION. — Introduction à la Physique aristotélécienne. Paris, Alcan, 1913.

GOMPERZ. — Les penseurs de la Grèce, Histoire de la philosophie antique, traduction Raymond. 3 vol., Lausanne, Payot, 1904-10. (Le troisième volume consacré à Aristote).

HAMELIN. — Le système d'Aristote. 1 vol., publié par Robin. Paris, Alcan, 1920.

ROSENBERGER. — Op. cit. Tome I. DUHEM, op. cit. Tome I. RIVAUD, op. cit. BREHIER, op. cit. Tome I.

C. — Les systèmes astronomiques.

TH. H. MARTIN. — Mémoire sur l'histoire des hypothèses astronomiques chez les Grecs et les Romains. (Mémoire de l'Académie des inscriptions et Belles-lettres, Tome XXX).

P. TANNERY. — Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne. (Mémoire de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 4^e série, Tome I).

SCHIAPARELL. — Origine del sistema planetario cliocentrico presso i Greci (memoria del Instituto Lombardo de scienze e lettere), vol. XVII.

DESWERT. — Dissertatio de Heraclide Pontico. Lovanii, 1830.

PLUTARCHI. — Scripta moralia. Fredericus Dübner, graece et latine. Ed. Didot, Parisiis MDCCCXLI. (Le tome II contient l'opuscule sur le visage de la lune).

CLAUDII PTOLEMACI. — Opera quae exstant omnia. Leipzig, J.-L. Heiberg, 1890.

CL. PTOLÉMÉE. — Almageste, traduit par Halma. Paris, Henri Grand, 1819.

— Hypothèses et époques des planètes, traduit par Halma. Paris, Merlin, 1820.

THEONIS SMYRNAEI PLATONICI. — Liber de astronomia. Ed. Th. Martin, Parisiis, MDCCCXLIX.

— Traduit par Dupuis, Paris, 1892.

ROSENBERGER. — Op. cit. Tome I. — Duhem, op. cit. Tome I.

D. — *Les aristotéliens asiatiques et byzantins.*

- SIMPLICII. — In Aristotelis physicorum libros IV commentaria, edidit Hermann Diels Berolini. Reimeri MDCCCXCIV.
— In Aristotelis libros de Cælo commentaria. ed. Karsten, Berlin.
— In Aristotelis libros de Cælo commentaria. ed. Heiberg, Berlin.
- THEMISTII. — In Aristotelis physica paraphrasis edidit Henricus Schenkl Berolini Reimeri, MCM.
- ALEXANDRI. — Aphodisici commentaria in duodecim libros Aristotelis de prima philosophia. Parisiis, Simon Colinaeus, 1536.
- JOANNIS. — Philiponi in Aristotelis physicorum libros quinque posteriores commentaria. ed. Hieronymus Vitelli, Berolini, MDCCCLXXXVIII.

E. — *Moyen-âge et Renaissance.*

- DUHEM. — Op. cit. Tomes IV et V. Rosenberger, op. cit. Tome I.
- BURIDAN. — Quaestiones totius libri physicorum editae a Magistro Johannes Buridani. mos. Bibliothèque Nationale, fonds latin N° 14723.
- ALBERT DE SAXE. — Questiones et decisiones physicales insignium virorum Alberte de Saxonia in libros physicorum, Bibliothèque nationale, fonds réservé N° 554.
- JEAN DE JANDUN. — In libros Aristotelis. Venise, Jérôme Scôt.
- BURLEUS. — Super octo libros physicorum. Venetiis apu Locatellum.
- GAETAN DE TIÈNE. — Recollectae Gaietani super octo libros physicorum. Venise, Locatello.
- LÉONARD DE VINCI. — Manuscrit bibliothèque de l'Institut (signalé et analysé dans l'ouvrage suivant).
- DUHEM. — Etudes sur Léonard de Vinci. Ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lus. 2 vol., Paris, Hermann, 1906-1909.
- BERNARDINO BALDI. — In mechanica Aristotelis problemata exercitatione (analysé par Duhem dans l'ouvrage précédent).
- CARDAN. — De subtilitate, libri XXI. Lugduni MDLI.
— Les livres intitulés « de la subtilité et subtiles inventions », traduits par Richard le Blanc. Paris, Jean Foucher, 1556.
- SCALIGERI (Julic Caesaris). — Exotericarum exercitationum libri XV de Subtilitate ad Hieronymum Cardanum. Francofurte Claudius Manetius, 1607.
- RAMI (Petri). — Scholarum physicarum libri octo in totidem acroamaticos libros Aristotelis. Francofurti, haeredes Andreae Wecheli, 1583.

ROBERVAL. — Traité de mécanique, manuscrit Bibliothèque nationale, fonds latin, N° 7226.

SUR NICOLAS DE CUSE. — Rosenberger op. cit. Tome I. Meyerson, op. cit. appendice. Enckven, Nicolas von Cues Philosophische Monatshefte XIV 1878. Falkenberg, Grundzüge der Philosophie des Nicolaus Cusanus 1880 (signalés par V. Delbos la préparation de la philosophie moderne. *Revue de Métaphysique et de Morale*, Octobre, Décembre 1929, p. 470).

F. — *Galilée et Descartes.*

GALILAEO GALILEI. — Opera, 2 vol., in Bologna H. Del Dozza, 1656.

GALILAEO GALILEI. — Systema cosmicum, traduction latine des « dialoghi dei massimi sistemi, par Matthias Bonneggerro, Augustae Treboccorum, Elzevir, 1635.

GALILÉE. — Sidereus nuncius. Venetiis. apud Thomam Baglionum MDCX.

GALILÉE. — Opere, Prima edizione completa, 15 vol. et un supplément, Firenze, 1842-1856. Societa editrice Fiorentina, par E. Albéri. A consulter particulièrement : de motu gravium, tome XI, dialoghi dei massimi sistemi, tome I, dialoghi de nuove scienze, tome XIII.

FRANCK. — Dictionnaire des sciences philosophiques, article Galilée, p. 572.

TANNERY. — Galilée et les principes de la dynamiques. *Revue générale de sciences*, tome XII, p. 335.

ALDO MIELI. — Gli scienziati italiani. Vol. I. Libreria Leonardo da Vinci, Rome, 1923.

WOHLWILL. — Galileo und sein Kampf für die Copernicanische Lehre. Leipzig, L. Voss, 1909.

DESCARTES. — Edit. Adam et Tannery, 13 vol., Paris, Cerf. 1897-1913. En particulier :

Tome XII. bibliographie.

Tome II. lettres, p. 466, 543, 627.

Tome V. lettres, p. 136, 524, 526.

Tome VIII. Principia philosophiae.

Tome I. lettre à Mersenne. Nov. 1633, u. 270.

HUETH (Petri Danielis). Censura philosophiae cartesianae. 1 vol., Lutetiae, Parisiorum, Daniel Hirthemels, 1689.

DUHEM. — Evolution de la mécanique, 1 vol.. Paris, Joanin, 1903.

CHEVALIER. — Descartes, 1 vol.. Paris, Plon, 1923.

GOUHIER. — La pensée religieuse de Descartes, 1 vol.. Paris, Vrin, 1924.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 5

CHAPITRE PREMIER. — **L'Antiquité.** — Plan de l'essai. La science antique. Platon : a) Le réel est statique ; b) Le mouvement est transitif ; c) Il implique une dénivellation. La « rhopé », Le « processus de tassement ». Aristote. Définition de l'action. Raisons profondes : 1° Le finalisme aristotélicien ; 2° Le monde est fini. Les trois sortes de mouvement local. Les mouvements violents. Les mouvements naturels. La persistance du mouvement violent. L'énigme des projectiles. L'« antiperistasis ». Attitude d'Aristote. Le mouvement des projectiles est discontinu. Justification de l'attitude d'Aristote : a) Impossibilité de l'action à distance ; b) Impossibilité de l'infini. L'inertie est une tendance au repos. Issue possible de la pensée : le mouvement de la terre. Le géocentrisme primitif. Première idée de la relativité. Le « philosophe d'Héraclée » et le mouvement diurne. Aristarque de Samos et le mouvement annuel. Les objections religieuses. Les objections astronomiques. Les objections physiques ou ptoléméennes. Valeur des objections ptoléméennes. Pourquoi elles n'ont pas été résolues. Dégradation de la doctrine héliocentrique. Les excentriques et les déférents. Les épicycles. Héliocentrisme et inertie 7

CHAPITRE II. — **Le Moyen-Age.** — Aristotélisme et expérience. Verbalisme. Application au mouvement des projectiles. La vertu automotrice. Antécédents de cette doctrine : Hipparque et Philon de MByzance. Les aristotéliciens asiatiques : l'aimantation de l'air. Les byzantins : la puissance motrice incorporée : Philoponos. Fortune de cette notion : l'Université de Paris. Albert de Saxe. Progrès de cette notion. Animalisation du concept. Léonard de Vinci. Essai de « composition des forces » : Baldi. Le mouvement de la toupie. Le fantôme de l'accélération de l'élan. Attitude mixte de Léonard de Vinci. La persistance du mouvement circulaire. Antécédents : a) Aristote ; b) les questions mécaniques ; c) Plutarque et le mouvement de la lune. Le mouvement des sphères célestes. Nicolas de Cuse. Portée de l'idée précédente. Conclusion du chapitre..... 35

CHAPITRE III. — **Les Temps modernes : Galilée et Descartes.** — La relativité. Héliocentrisme et inertie. Position psychologique du problème. L'effacement du propulseur.

L'analyse du mouvement du projectile. La conception de l'instantané. Le schéma de la découverte. Galilée. Ses hésitations. Mentalité de Galilée. Le « De Motu gravium ». Le recours à la « vertu imprimée ». L'issue entrevue. L'idée de l'« indifférence ». Les événements décisifs. La « lettre sur les taches du Soleil ». Le drame intime de la pensée de Galilée. Les « dialoghi dei Massimi sistemi ». Les objections ptoléméennes. La question décisive. L'inertie. Récapitulation du débat. Descartes et Galilée. Genèse des idées de Descartes. Son caractère mystérieux. « Larvatus prodeo ». Encore la relativité. La sincérité de Descartes. Conclusion.	55
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	77

